

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-80002-03
Undernummer:
Løpenummer: 1450
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: OVERVAKING AV MJØSA Bakgrunnsdata, historikk og videreføring (Overvåkingsrapport 54/82)	Dato: 7. desember 1982
	Prosjektnummer: 0-8000203
Forfatter(e): Gösta Kjellberg	Faggruppe: Hydroøkol. div.
	Geografisk område: Østlandet
	Antall sider (inkl. bilag): 104

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Etter at Mjøsa fram til midten av 1970-årene har gjennomgått en markert eutrofiering, er forurensningsbidraget blitt kraftig redusert via den såkalte Mjøsaksjonen (1976-81). Vannkvaliteten i innsjøen er blitt betraktelig bedre i de senere år, men den er fortsatt klart påvirket.

Statlig program

Overvåkingsrapport 54/82
1. Eutrofiering
2. Fysisk-kjemiske forhold
3. Biologiske forhold
4. Trender
Mjøsa

4 emneord, engelske:

1. Eutrophication
2. Phys./chemical conditions
3. Trends (development)
4. Water biology

Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0582-9

O-8000203

Overvåking av Mjøsa

Bakgrunnsdata, historikk og videreføring

7. desember 1982

Saksbehandler:	Gösta Kjellberg
Medarbeidere:	Dag Berge
	Frode Berge
	Lasse Berglind
	Ingar Blakar
	Pål Brettum
	Brynjar Hals
	Gjertrud Holtan
	Hans Holtan
	Gerd Justås
	Torsten Kjellqvist
	Einar Kulsvehagen
	Ole Nashaug
	Mette-Gunn Norheim
	Sigurd Rognerud
	Else-Øyvor Sahlqvist
	Kai Sørensen
	Torulv Tjomsland
For administrasjonen:	Arne Tollan

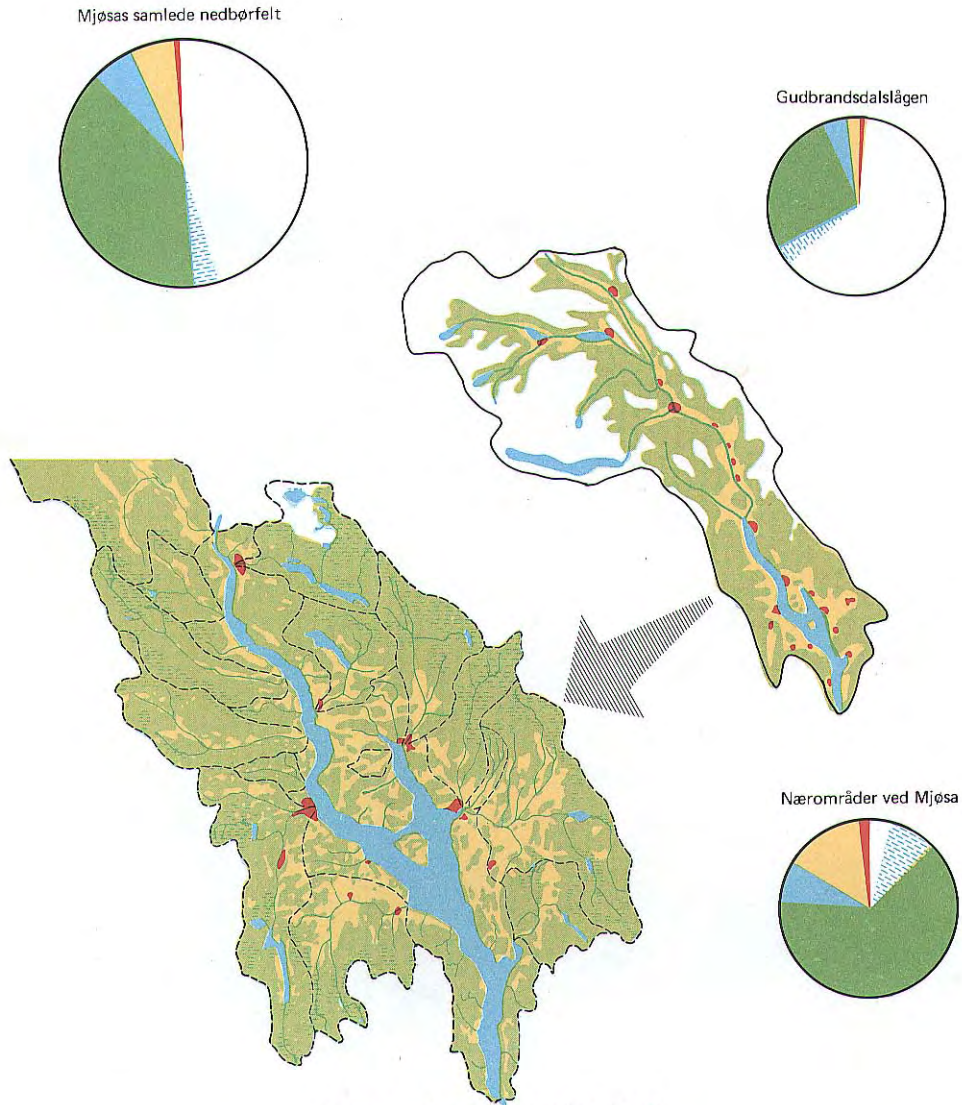
INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
OMRADEBESKRIVELSE	5
Naturgrunnlag	7
Bosetting, industri og jordbruk	22
FORURENSNINGSSITUASJONEN I MJØSA	27
Hygieniske forhold	30
Organisk belastning	32
Kvikksølvinnehald i fisk	33
Eutrofiering	36
Generelt om eutrofiering	36
Generelt om eutrofiutviklingen i store dype innsjøer	46
Eutrofiutviklingen i Mjøsa mer faglig vurdert	49
Forurensningsårsaker og tidligere forurensningstilstand	50
MJØSAKSJONEN, BAKGRUNN OG GJENNOMFØRING	63
MÅLSETTING FOR MJØSA	79
Kommentarer til de enkelte brukerinteresser	84
Verneområder	84
Vannforsyning	86
Mjøsa som element i landskapet	86
Rekreasjon	87
Fiske	87
Transport	88
Energiproduksjon	88
Resipientbruk	89
PROGRAM FOR OVERVÅKING	91
Program	93
Stasjonsnett	93
Måleprogram; Årlige undersøkelser	94
Fysisk-kjemiske undersøkelser	94
Biologiske undersøkelser	95
Plantep plankton	95
Dyreplankton	96

	Side
Måleprogram; Undersøkelse hvert 5/10 år	96
Fysisk-kjemiske undersøkelser	96
Biologiske undersøkelser	97
Plantep plankton	97
Dyreplankton	97
Bunndyr	97
Hygieniske-bakteriologiske undersøkelser	98
Omkringinformasjon	99
LISTE OVER TIDLIGERE UNDERSØKELSER	101

Områdebeskrivelse

Prosentvis andel av arealfordelingen



Mjøsas nedbørfelt - Arealfordeling

Arealtype Område	Areal		Dyrket mark		Skog		Myr		Uprod.		Vann		Tettsted	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Gudbrandsdalslågen	11459	100	223	2	3198	28	243	2	7372	64	461	4	—	—
Nedbørfelt nedstrøms Fäberg	4904	100	807	16	3065	63	391	8	191	4	450	9	—	—
Totalt	16363	100	1030	6	6263	38	634	4	7563	46	911	6	39	0.2

OMRADEBESKRIVELSE

Naturgrunnlag

Gudbrandsdalslågen med Mjøsa har et totalt nedbørfelt på 16.420 km² og utgjør ca. en tredjedel av Glommas samlede nedbørfelt. Gudbrandsdalslågen har sitt utspring i nord ved fylkesgrensen til Sør-Trøndelag og mot vest ved grensen til Møre og Romsdal. Nedbørfeltets lengdeutstrekning er ca. 25 mil i nord-syd retning og arealet er 11.459 km². Ca. 70% av nedbørfeltet til Mjøsa avvannes av Gudbrandsdalslågen.

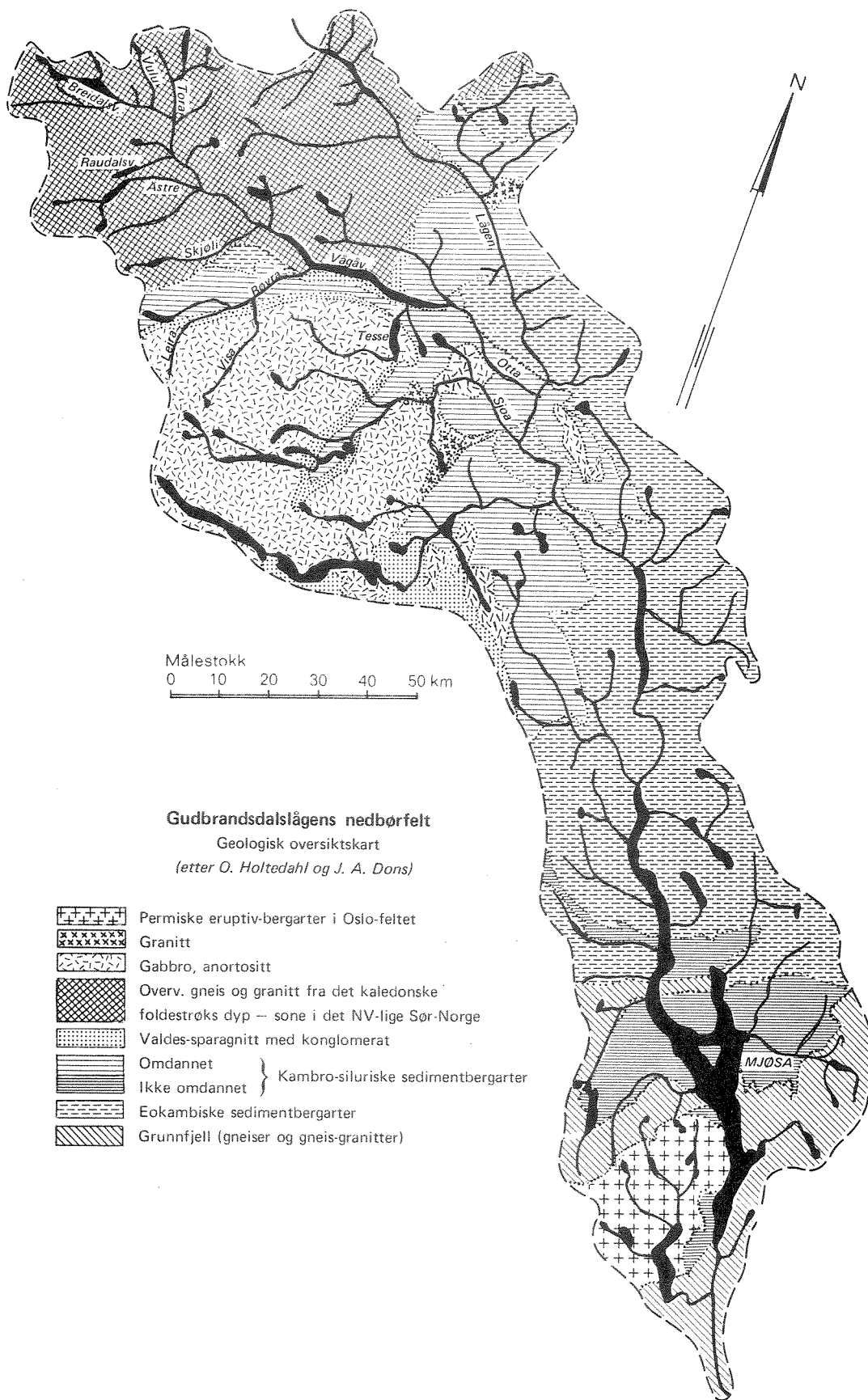
Den nordlige delen av nedbørfeltet består hovedsakelig av snaufjell og store fjellformasjoner. Deler av Rondane, Dovrefjell og Jotunheimen inngår i nedbørfeltet. Høyeste punkt er Galdhøpiggen, 2469 m over havet. Fjellmassivene består av harde bergarter (eruptive og sterkt omdannede sedimentære bergarter) som er motstandsdyktige mot fysisk såvel som kjemisk forvitring. I dalførene finner man enkelte steder store mengder morenemateriale som stammer fra bredemte sjøer, sidemorener, glasifuvi-alt materiale o.l.

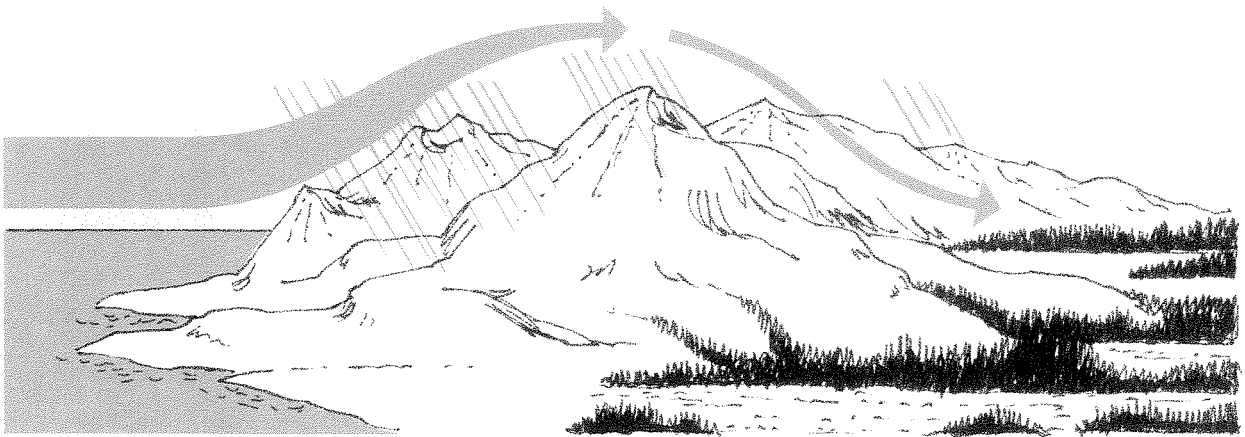
Bortimot halvdel av nedbørfeltet er lite produktiv mark, mens henimot 38% er skog. Dyrket mark utgjør ca. 6% av totalarealet.

Rundt Mjøsa består berggrunnen i vesentlig grad av sparagmitter (sandsten) og kabrosiluriske bergartstyper som til dels inneholder kalk. Løsavsetningen består av moreneavsetninger som til dels er avsatt i havet.

I Mjøsas nærområder og særlig rundt de sentrale deler er et av Norges viktigste jordbruksområder. Disse områder omfatter i særlig grad nedbørfeltene til Lenaelva, Hunnselva, Flagstadelva og Svartelva samt områder som Stange, Neshalvøya og Østre Toten. Rundt Mjøsa (totalt nedbørfelt utenom Gudbrandsdalslågens) består nedbørfeltet av ca. 15% myr, vann og lite produktive områder, ca. 67% skog og ca. 18% jordbruksarealer.

Den store utstrekningen og de store høydeforskjellene gir store klimatiske variasjoner innen nedbørfeltet. Klimaet i de øvre deler er sterkt påvirket av fjellene i vest. Fuktige luftstrømmer fra Atlanterhavet blir





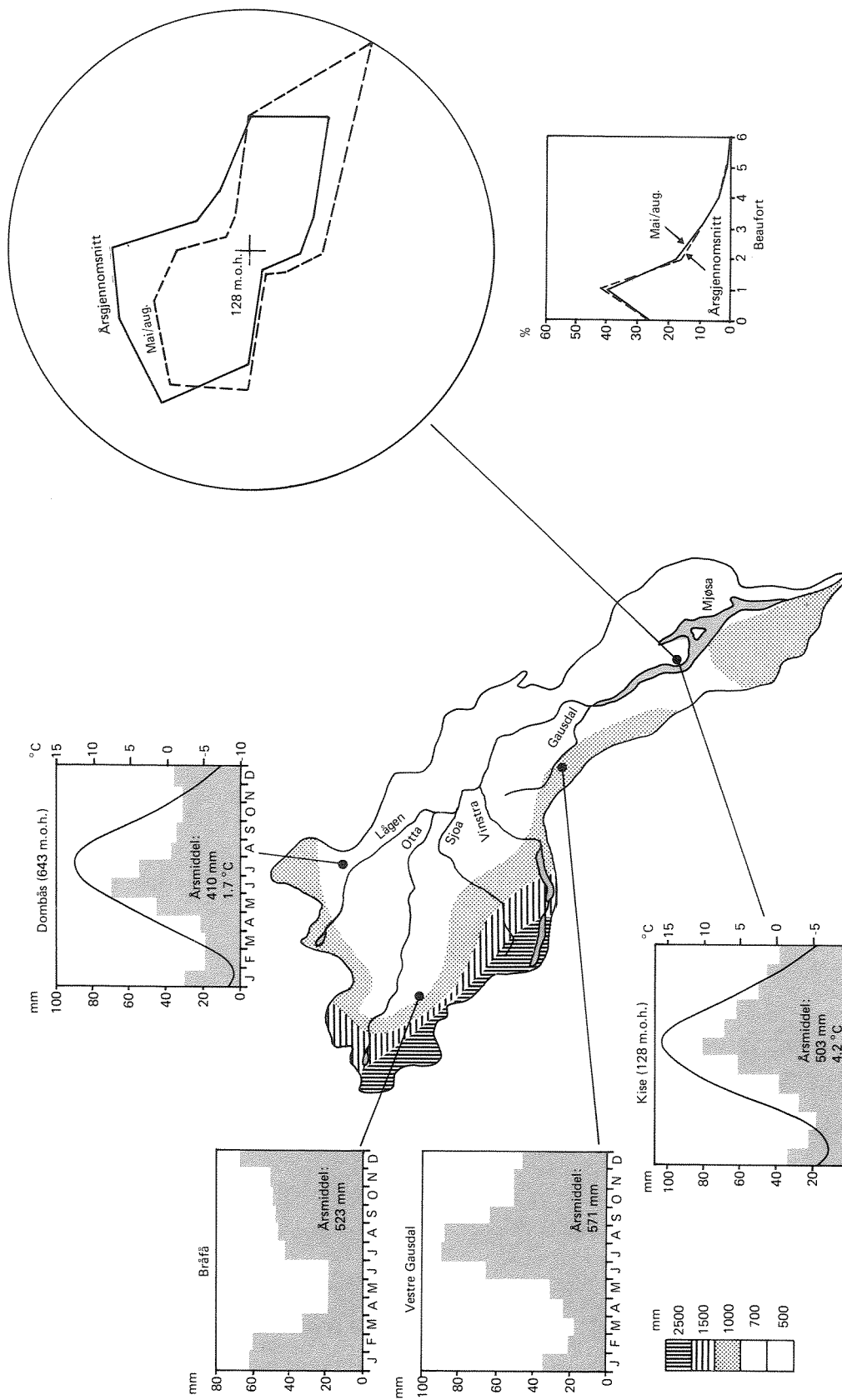
Fuktige luftstrømmer fra Atlanterhavet blir presset til værs når de passerer fjellmassivene på Vestlandet og avgir nedbør på lovartsiden (Orografisk nedbør). Luften på innsiden blir tørrere og varmere enn på lovartsiden (tørrvind) og kommer til å ligge i regnskygge.

presset til værs og avgir nedbør. De høyestliggende områdene i nordvest har således årlige nedbørhøyder på over 2000 mm. Lésiden av fjellene ligger i regnskyggen. Vi har her noen av Norges nedbørfattigste områder med årlige nedbørhøyder på under 500 mm (ekstremår 250-300 mm). Størstedelen av nedbøren faller sommer og høst.

Månedene november-mars har vanligvis middeltemperatur under 0 °C i hele nedbørfeltet. Maksimal månedsmiddeltemperatur (juli) avtar fra ca. 15 °C i Mjøsområdet til omkring 10 °C i fjellområdene.

I selve Mjøsområdet er klimaet av tilnærmet kontinental karakter. Det kontinentale værslag karakteriseres av kalde vintre, relativt høye sommertemperaturer og med moderat nedbørmengde. Dette mønster må endres noe for Mjøsområdet vedkommende, da Mjøsa med sitt store vannvolum virker regulerende på de klimatiske forhold i nærområdet i den tiden innsjøen er isfri.

Midlere årlig nedbørhøyde ved Kise på Neshalvøya er ca. 500 mm. Den nedbørrikeste del av året er sommer og høst. Høyeste og laveste månedsmiddeltemperatur (1931-1960) var henholdsvis 16,5 °C i juli og +6,5 °C i januar og februar.



Vindfrekvenser ved Kise for perioden 1957-1966

Temperatur- og nedbør-normaler 1931-1960

Tilsgifordelingen i de ulike delene av vassdraget er nær knyttet til nedbøren. Spesifikt avløp avtar fra over 50 l/s.km² i nordvest til under 15 l/s.km² langs hoveddalføret og ved Mjøsa. Den naturlige vannføring er meget lav om vinteren, særlig i vassdrag med lav naturlig magasin-kapasitet.

I de mindre tilløpene til Mjøsa begynner snøsmelteflommen som oftest i begynnelsen av april. Høye vannføringer kan også finne sted i tilknytning til nedbør om sommeren og høsten. Oppover i vassdraget forskyves tiden for snøsmeltingen utover våren og sommeren. I øvre deler av Otta varer smelteflommen fra mai til august/september.

I Mjøsområdet er tiden juli-mars, med unntak av enkelte regnperioder om høsten, forbundet med liten avrenning. Lågen og Otta har overveiende lavvannføringer i perioden november-april.

I alt 15 større elver og et stort antall bekker renner ut i Mjøsa. Ca. 80% av årlig vanntilførsel kommer via Gudbrandsdalslågen. Av årsvannføringen tilføres ca. 60% i løpet av perioden juni-august under is- og snøsmelting i fjellområdene, og på denne tid kan det forekomme vannføringstopper helt opp mot 2000 m³/s. Den høyeste døgnvannføring som noen gang er observert er oppgitt til 2625 m³/s. Otta er den mest dominerende tilløpselv til Gudbrandsdalslågen hva vannføring angår, og hele vassdraget nedstrøms Otta blir påvirket av denne elv, som drenerer isbreområdene i Jotunheimen. Betydelige mengder breslam transporteres ned i Mjøsbassenget, og visse tider særlig på forsommeren er hele den nordlige delen av Mjøsa grønnfarget av breslam. Det er i hovedsak de øverste vannlag over sprangsjiktet som berøres. På denne måten bidrar det saltfattige Lågenvannet til utspyling og fortykning av Mjøsas overflatesjikt. Dette har vist seg å ha stor betydning ved å fortykke forurensningsutslipp og dempe den biologiske respons. Mjøsa kan på denne tid betraktes som en "grunn innsjø" hvor både tilsgivsvannet og forurensningstilførsler i størst utstrekning bare berører de øverste vannmasser.

Selve Mjøsbassenget oppstod ved forkastninger for 250 millioner år siden, under permperioden. Under den siste istiden gravde innlandsisen i disse forkastninger og det nåværende Mjøsbassenget med dypområder på over 400 meter ble utformet. Ved Minnesund ble det ved slutten av istiden lagt

opp en endemorene som førte til oppdemning av bassenget. Denne terskelen er senere delvis gjennomtrengt av Vorma.

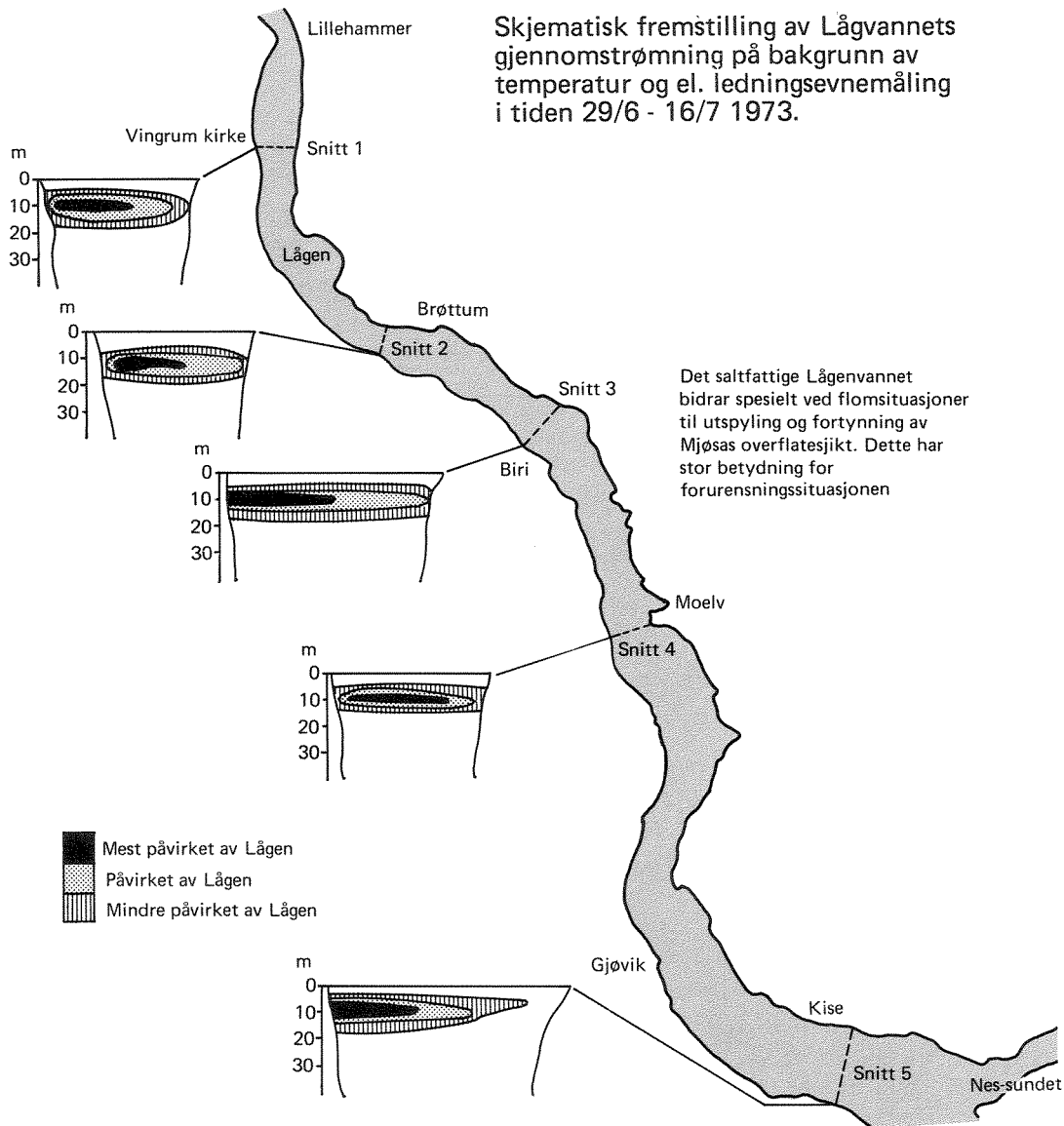
Større tilløpselver til Mjøsa. Nedbørfelt og midlere vannføring.

Elver	Lengde i km	Nedbørfelt i km ²	Midlere vannføring i m ³ /s.
Gudbrandsdals- Lågen	197,0	11.459	256,0
Hunselva	20,9	376	6,4
Svartelva	43,0	487	6,3
Mesna	35,0	246	4,7
Lena	35,0	303	4,5
Stokkelva	23,6	225	3,4
Brumunda	29,0	215	3,0
Vismunda	40,0	196	2,9
Moelva	22,0	196	2,7
Flagstadelva	26,3	170	2,2
Vikselva	20,1	149	1,9
Rinda	20,0	95	1,4
Braastadelva	13,5	43	0,6
Skulhuselva	11,6	29	0,4
Bjørnstadelva	7,5	18	0,3

Forholdene i tilløpselvene er i to henseender av vesentlig betydning, for det første innvirker de på vannkvaliteten i Mjøsa, for det annet er elvene uunnværlige gyte- og oppvekstplasser for verdifulle deler av Mjøsas fiskefauna.

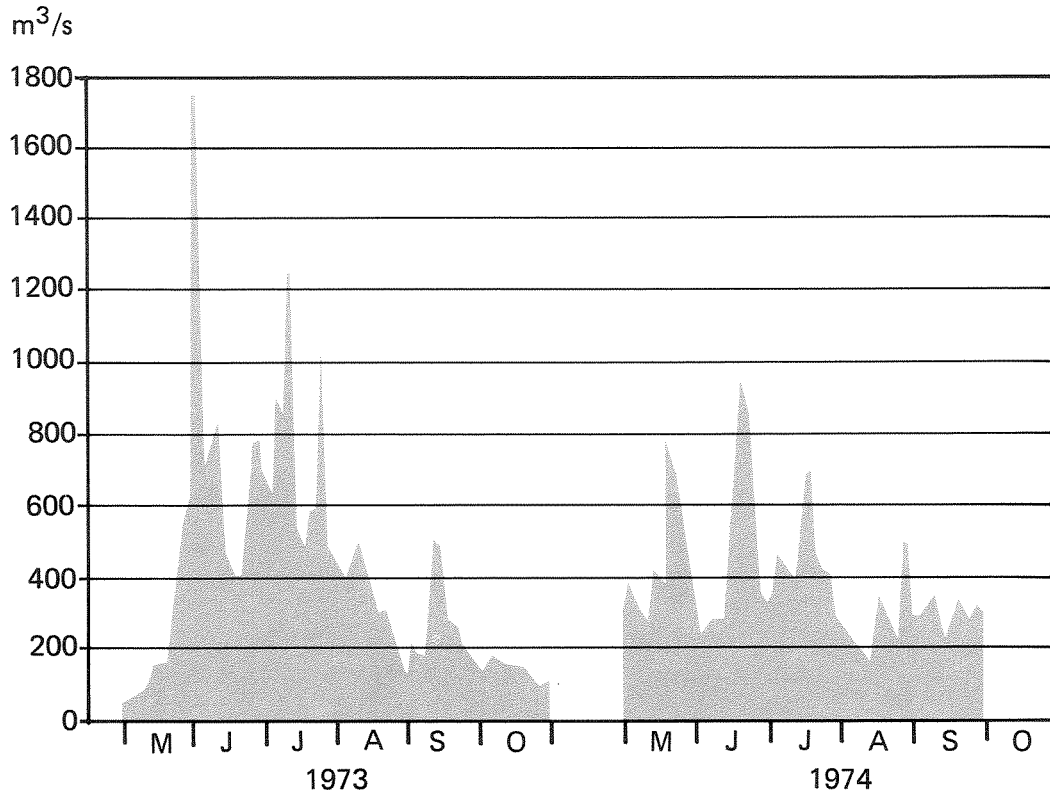
Naturlig vil elvens vannkvalitet variere med de geologiske forhold i nedbørfeltet. Således er det høyere pH (alkalitet) og elektrolyttinnhold i de elver som drenerer kambro-silurområdene rundt Mjøsa, enn de som drenerer grunnfjells- eller sparagmittområdene.

Av tabellen fremgår at Lågens vannføring representerer den overveiende del av Mjøsas tilsig. Det er derfor naturlig at Lågens innvirkning på innsjøen er stor både når det gjelder vannstand, kjemisk sammensetning, temperaturforhold o.a.

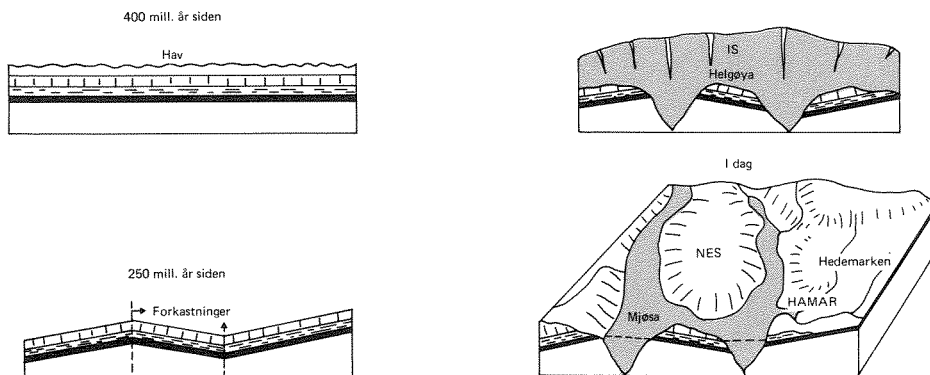


I sør har Mjøs-bassenget typisk dalpreg med akse nord-syd og 3-5 km avstand mellom dalsidene. Høydeforskjellen mellom Mjøsa og åsene omkring er ca. 300-600 m. I nord-vest rager Skreimassivet opp som den kraftigste formasjonen i Mjøsområdet, med høyder > 700 meter og bratte sider mot Mjøsa og ut mot Totenbygdene.

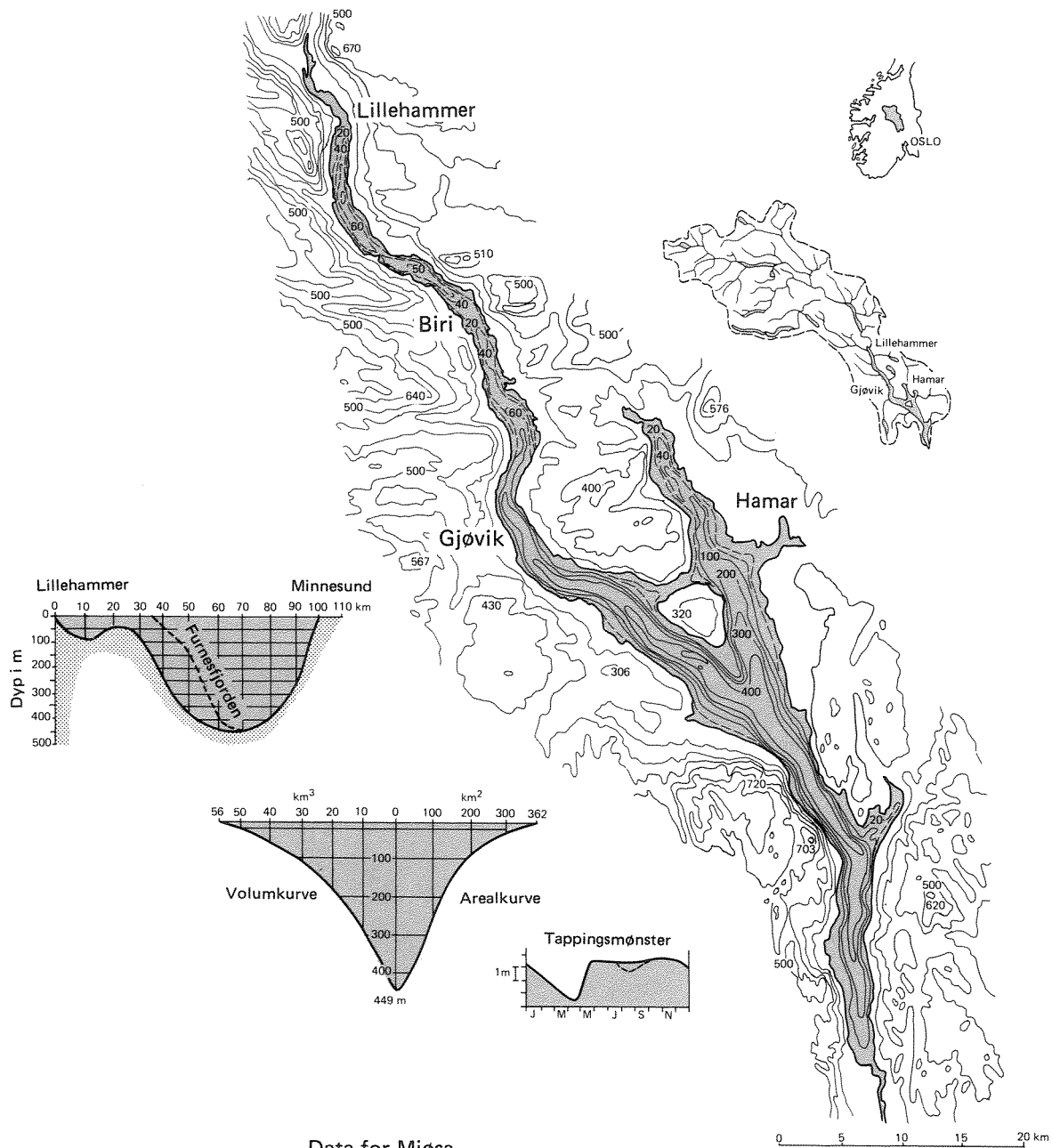
De sentrale områder med de brede Mjøsbygdene har et særegt preg. Mjøsas akse snur i dette området mot nord-vest. Bassenget er fra 15-25 km bredt, høydeforskjellen går fra 100 til 400 m. Sentralt i denne dalen ligger Neshalvøya og Helgøya som skiller Furnesfjorden fra resten av



Eksempel på vannføringsmønster i Lågen ved Fäberg.
Ca 60% av årlig vannmengde tilføres Mjøsa i løpet av perioden juni - august da is og snøsmeltingen setter i gang i fjellområdene som til tider forårsaker flomperioder spesielt under forsommeren. Dette har betydning for forurensnings-situasjonen gjennom å fortynne forurensningsutslippet og dempe dets biologiske respons.



Topografi rundt, og dybdekart over Mjøsa



Data for Mjøsa

Nedbørfelt	16420 km ²	Volum	56.244 mill. m ³
Høyde over havet	122 m	Årlig avløp	10.000 mill. m ³
Lengde	117 km	Midlere avrenning totalt	320 m ³ /s
Største bredde	14 km	Midlere avrenning via Lågen	256 m ³ /s
Omgivningsfaktor	43.8	Teoretisk oppholdstid	5.6 år
Største målte dybde	449 m	Reguleringsamplitude	3.61 m
Midlere dybde	153 m	Reguleringsmagasin	1312 mill m ³

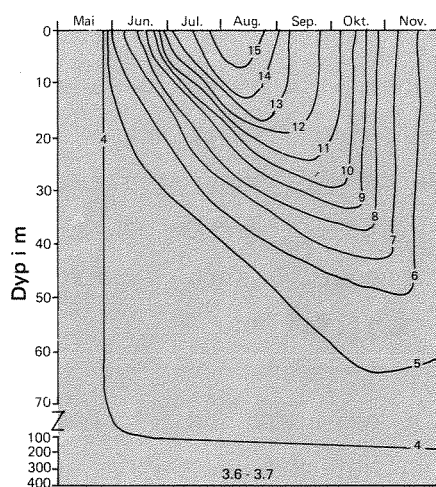
Mjøsa. Det nordre avsnittet har igjen dalpreg med akse NV-SØ. Trauets bredde varierer mellom 3 og 5 km og høydeforskjellen mellom 300 og 600 m.

Med et overflateareal på 365 km^2 er Mjøsa Norges største innsjø. Innsjøen som er lang og smal med en største bredde på bare 14 km, er en typisk norsk fjordsjø. Strendene som stuper bratt mot større dyp, er regelmessige uten noen større forekomst av vik, øyer eller grunnområder. Innsjøen er regulert med en reguleringshøyde på 3,61 m.

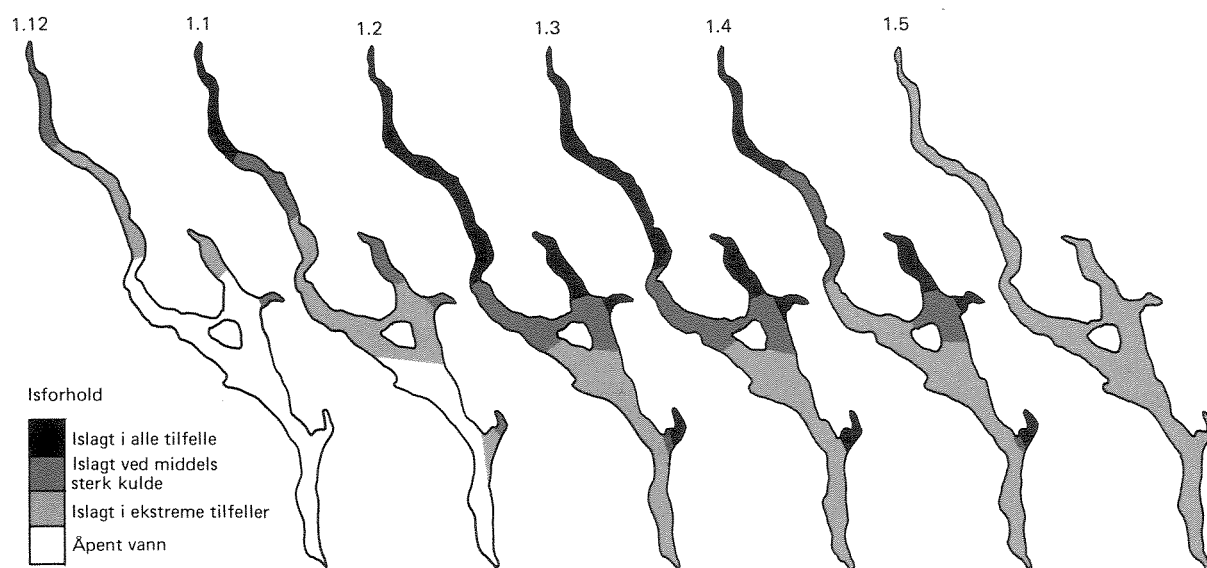
De vindpåvirkede og åpne strender i kombinasjon med reguleringen gjør at høyere vegetasjon praktisk talt savnes.

Innsjøen har sin største dybde, 449 m, ca. 8 km syd for Helgøya. Bunnen er overalt noenlunde jevn og regelmessig. Nordenfor Gjøvik smalner innsjøen, samtidig blir den grunnere. Ut for Biri danner bunnen en terskel med største dyp på ca. 30 m. I bassenget nordenfor er største dybde 80 m.

På grunn av innsjøens store dyp er det om sommeren bare ca. 10% av vannvolumet som befinner seg over sprangsjiktet. Sen våroppvarming og dannelse av sprangsjikt, relativt lav overflatetemperatur om sommeren samt sen avkjøling og islegging dvs. lange sirkulasjonsperioder, er resultatet av innsjøens store volum i forhold til overflatearealet. Dette er faktorer som bidrar til god fortykning av tilførte forurensninger.



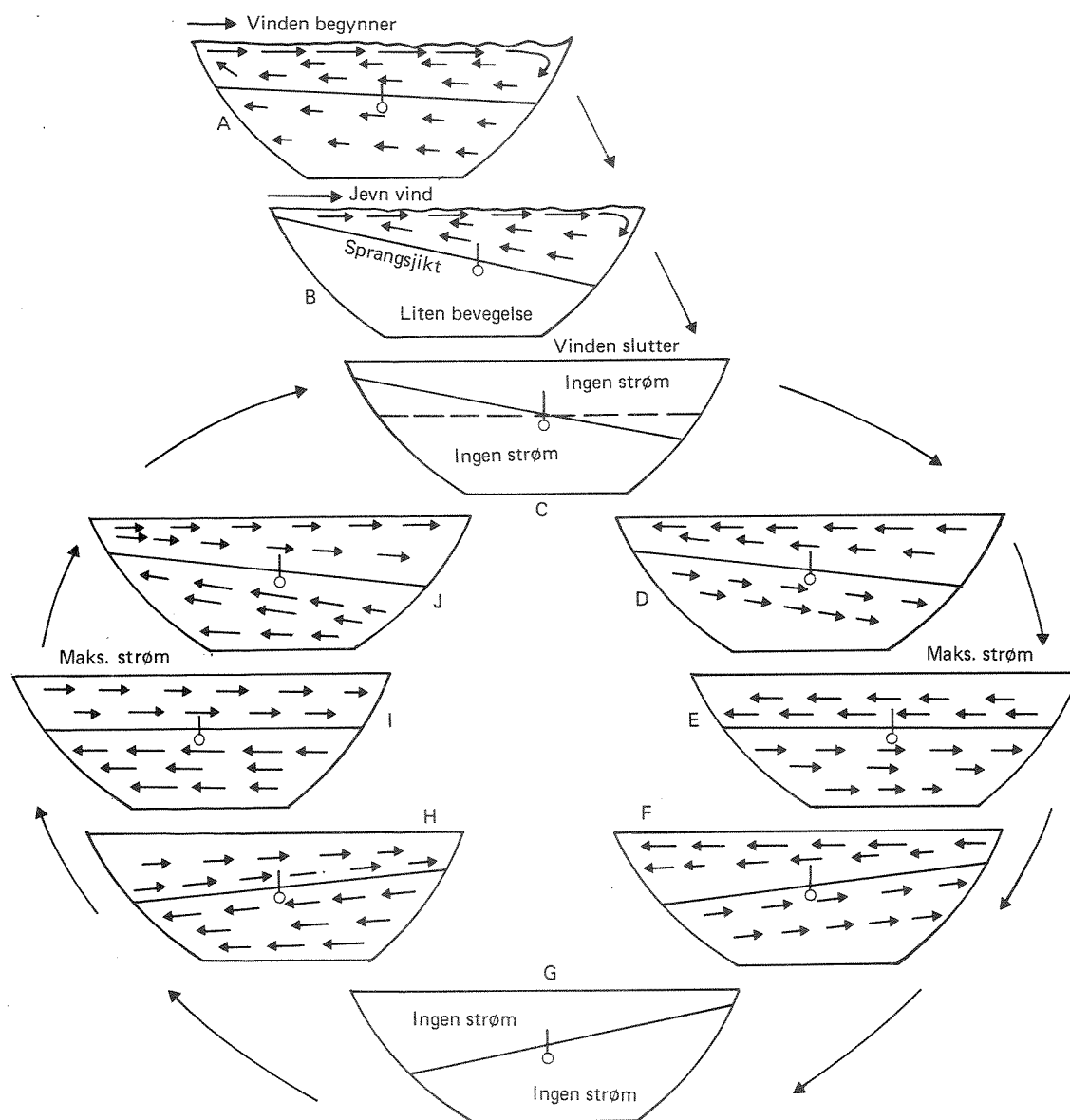
Temperaturer i Mjøsa, 1974.



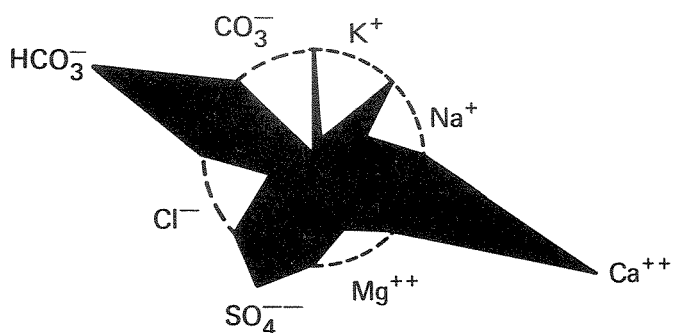
Mjøsa har uregelmessig form og har partier med forskjellige dybdeforhold. Isleggingen foregår følgelig til forskjellige tider i de ulike deler av innsjøen. Den innerste delen av Furnesfjorden blir først islagt, ofte i begynnelsen av desember. Gjennomsnittstiden for isleggingen i de nordligste deler inntreffer i slutten av desember. I begynnelsen av februar er gjerne områdene fra et stykke syd for Helgøya og nordover dekket med is. Hele Mjøsa islegges bare i kalde vintre. Isløsningen begynner vanligvis ved Hamar - Nes - Gjøvik i siste halvdel av april. I Furnesfjorden og i de nordligste partiene blir isen ofte liggende til i begynnelsen av mai.

Kraftig vindpåvirkning i kombinasjon med innsjøens nord-sydgående utstrekning og åpne strender, bidrar til å opprettholde betydelige strømsetninger spes. om sommeren når innsjøen er sjiktet. Mer storstilte strømningsmønster synes også å foreligge. Hovedstrømmer som følge av vann fra Lågen, blir avbøyd mot vestsiden av Mjøsa (til høyre for bevegelsens retning) på grunn av jordrotasjonen. Forurensningsutslipp kommer således lett i direkte kontakt med store deler av Mjøsas overflatevann. En faktor som ytterligere bidrar til dette er at de nederste og mest forurensningsbelastede strekninger av de tilrinnende vassdrag er fattige på innsjøer og savner således effektive næringsstoffkilder.

Rent kjemisk må innsjøen og hoveddelen av dens tilløp betraktes som særlig nærings- og saltfattige i likhet med de fleste norske vassdrag. Lavt kalkinnhold og lav alkalitet gjør innsjøen såvel kjemisk som biologisk dårlig buffret og følgelig følsom for forurensningsbelastning. Faunamessig er innsjøen i norsk sammenheng unik i det den har store popula-



Bevegelser forårsaket av vindpåvirkning og en påfølgende indre bølge (Seiche) i en hypotetisk termisk lagdelt innsjø (2 lag). Friksjonen er neglisjert (etter Mortimer 1942). Indre bølger og de induserte strømhastigheter på opptil 20 cm/s spiller stor rolle i Mjøsa i sommerperioden



Bikarbonat og kalsium dominerer blandt de større konsistenter, relative konsentrasjoner

Mjøsa, Kjemiske miljøforhold i de sentrale deler

pH	6,8-7,0	Kond. $\mu\text{S}/\text{m}$	30-40
Alk. m.ekv.	0,20	HCO_3 g/m^3	12,0
Farge, Pt/l	15	SO_4 g/m^3	5,6
Tot-P mg/m^3	10	Cl g/m^3	1,3
Tot-N mg/m^3	420	Ca g/m^3	5,0
Kisel $\text{g SiO}_2/\text{m}^3$	1,5	Na g/m^3	1,0
Jern mg/m^3	28	Mn g/m^3	0,8
Mangan mg/m^3	7	K g/m^3	0,6

Mjøsa har nøytralt bløtt vann og kan nærmest betraktes som et bikarbonatvann. Vannets innhold av nærings- og mineralsalter er som i de fleste overflatevann i Norge meget lavt. Vannet har således dårlig bufferkapasitet og vil lett kunne påvirkes ved endringer i stoffbelastning.

sjoner av "relikte" krepsdyr som har stor innflytelse på innsjøens økosystem. Innsjøen er spesielt fiskerik og det finnes i alt 20 ulike fiskearter. Innsjøens produksjonspotensial uttrykt som netto fiskeproduksjon ligger trolig i området 20-30 kg/ha·år og opp mot 50 kg/ha·år i de mest produktive områder.

I alt 20 ulike fiskearter finnes i Mjøsa, hovedmengden av fiskebestanden utgjøres av fisk som hovedsaklig lever i de frie vannmasser (pelagiske arter) som krøkle og lagesild. Krøklen som er et viktig fødeobjekt for rovlevende fisk, er den vanligste fisk i Mjøsa.

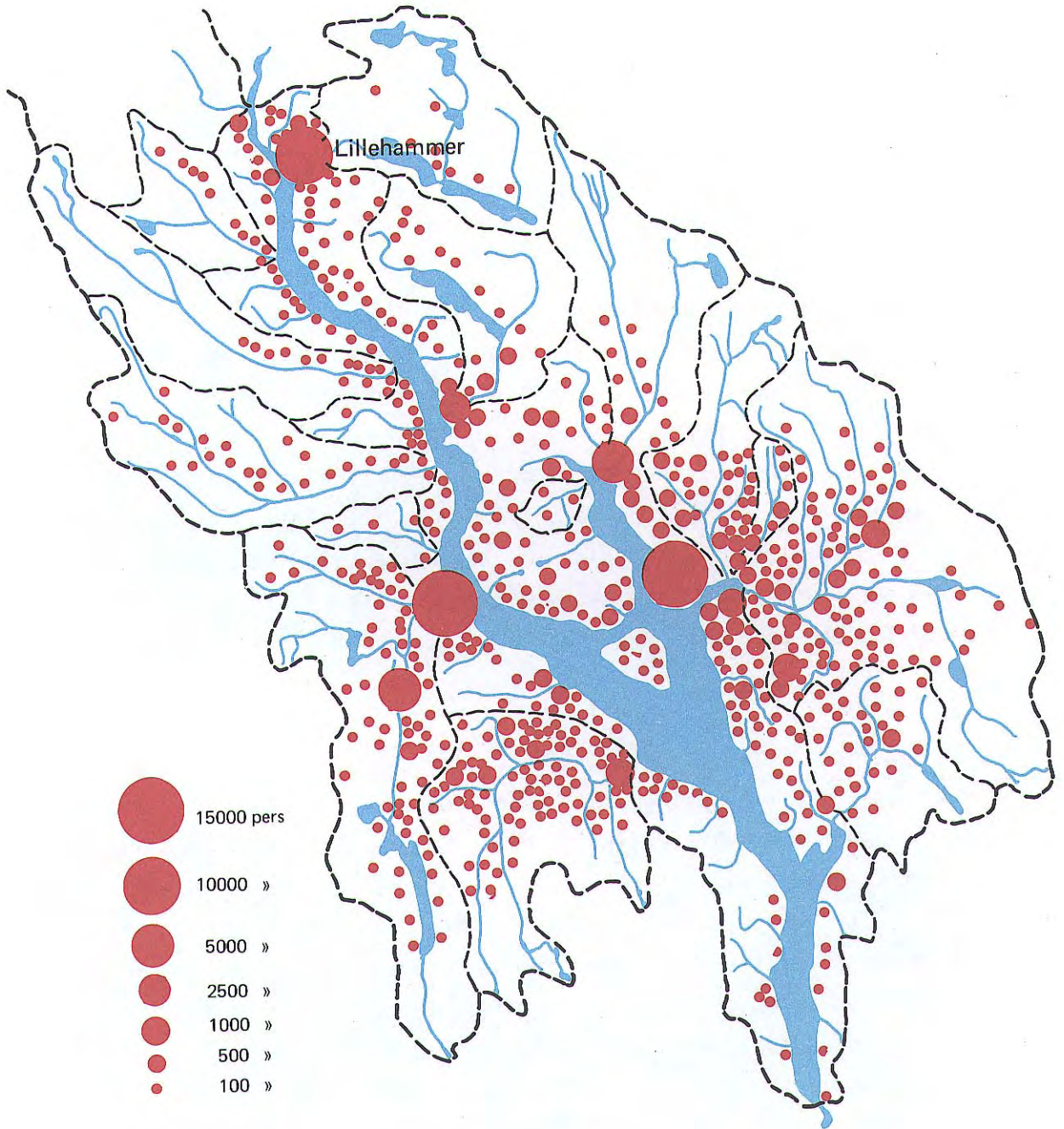
Forekomst	Art	Lokalnavn	Latinsk navn
xx	Aure	Ørret	Salmo trutta
XXX	Lagesild	Lågåsild, sild	Coregonus albula
XXX	Sik (Blåsik)		Coregonus lavartus
XXX	Krøkle	Slom, kjøkle- kjør	Omerus eperlanus
X	Harr	Horr	Thymallus thymallus
XX	Gjedde		Esox lucius
XX	Mort	Sørrenne	Rutilus rutilus
XX	Vederbuk		Leuciscus idus
X	Gullbust		Leuciscus leuciscus
X	Ørekyte	Akjyte	Phoxinus phoxinus
XX	Laue		Alburnus alburnus
XX	Brasme		Abramis brama
X	Karuss		Carassius carassius
XX	Lake		Lota Lota
XX	Abbor		Perca fluviatilis
XXX	Hork	Steinpurke	Acerina cernua
XX	Steinsmette	Steinulke	Cottus poecilopus
X	Hornulke		Myoxocephalus quadricornis
X	Nipigget sting- sild		Pungitius pungitius
XX	Elve-niøye	ninauge	Petromyzon fluviatilis

XXX = Rikelig forekommende, XX = Vanlig forekommende, X = Sparsomt
kommende.

Bosettingsmønster, industri og jordbruk

I alt bor ca. 200.000 personer i Mjøsas nedbørfelt. Drøyt halvparten av befolkningen (ca. 115.000 personer) er tilknyttet regulert avløpssystem ved at de enten bor i de tre byer (Hamar, Gjøvik og Lillehammer) eller i tettsteder (23 større og 235 mindre). Tidligere ble mesteparten av kloakkvannet herfra ført direkte ut i Mjøsa eller tilløpsvassdragene. Hovedledningsnettene var tildels gammelt og i dårlig forfatning med betydelig lekkasje. De få rensesanlegg (bare 19% av befolkningen var før Mjøsaksjonen tilknyttet rensesanlegg) som var bygget, fungerte dessuten dårlig. De er derfor klart at kommunalt avløpsvann tidligere var et betydelig forurensningsproblem ikke bare i Mjøsa, men også i et flertall av de tilrennende vassdrag, mange vassdragsavsnitt var nemlig totalskadet og var et hygienisk problem. Spesielt kan Flakstadelva, Svartelva, Lenaelva og Hunnelva nevnes i denne sammenheng. Området utenfor Brumunddal, strandområdene utenfor Hamar og kanskje i første rekke Akersvika var spesielt belastet tidligere. I andre områder var fortykning og vannutskiftningen bedre, slik at de lokale problemene ikke fikk det samme omfang som i de nevnte tilfeller. Ved Mjøsaksjonen har situasjonen blitt radikalt forandret, og en betydelig forbedring har kunnet registreres. Under snøsmeltingen og ved kraftig regnvær kommer imidlertid fortsatt betydelige mengder kloakkvann ut på grunn av at en del av kloakkledningene fortsatt er utettede. Dette skaper problemer ved at kloakkvannet lekker ut samtidig som driften ved rensesanleggene forstyrres på grunn av store vannmengder. Foruten utslipp av næringssalter (fosfor og nitrogen) og de hygieniske aspekter, var tilførselen av organisk materiale fra kloakkutslippene en betydelig forurensningsbelastning rent lokalt tidligere.

Ca. 85.000 personer (25.000 hus) bor i spredt bebyggelse i Mjøsas nedbørfelt. Forurensningsproblemer med spredt bosetting varierer i høy grad beroende på om avløpet fra huset går direkte ut i vassdrag eller først passerer septiktank og/eller infiltreres i grunnen. En registrering som ble gjort i forbindelse med Mjøsaksjonen viste at 26% hadde direkte utslipp til vassdrag. Da flere av sandfilteranleggene hadde meget dårlig renseseffekt på grunn av feil og/eller at slamavskilleren ikke ble tømt regelmessig eller i noen tilfeller ikke i det hele tatt, regnet en



En stor del av befolkningen i Mjøsas nedslagsfelt bor i nær kontakt med innsjøen og betydelige kloakkmengder gikk tidligere urensset direkte ut i innsjøen.

med at ytterligere 50% av husene representerte betydelige forurensningskilder, dvs. det var bare 25% som hadde noenlunde brukbare forhold med hensyn til kloakking. At det tidligere også forekom direkte tømning av oppsamlet septikslam i elvene gjorde saken ikke bedre. Av dette fremgår at også den spredte bosetting utgjorde et betydelig forurensningsproblem, betydelig større enn det man tidligere hadde regnet med og da kanskje spesielt i tilrennende mindre vassdrag. Hygieniske problem og nærings-saltutslipp har her vært av størst betydning. Gjennom Mjøsaksjonen har det skjedd en betydelig opprydning, men ennå gjenstår en hel del.

Ytterligere forurensningsbidrag fra befolkningen skjedde tidligere via uheldig plasserte søppelfyllplasser som lå i direkte kontakt med tilrennende vassdrag. Overflateavrenning fra tettstedene kommer i tillegg.

Da belastningen på Mjøsa var som størst, bidro befolkningen med ca. 150 tonn fosfor pr. år fordelt på ca. 90-100 tonn fra regulert bosetting og ca. 50 tonn fra spredt bebyggelse. Dette skulle tilsvare ca. 40% av fosforbidraget fra menneskelige aktiviteter. De større kloakkutslippene direkte i Mjøsa bl.a. fra byene kan antas å ha hatt spesiell stor betydning.

Variierende industriaktivitet, små bedrifter såvel som store, finnes i nedbørfeltet. De fleste ligger i Mjøsas umiddelbare nærhet. De fleste vannforurensende bedrifter finnes innen bransjene treforedlingsindustri, næringsmiddelindustri og metallurgisk industri. Utslipp av organisk stoff, næringsalter, tungmetaller og cyanider bidro tidligere til betydelig forurensning i Mjøsa såvel som i tilrennende vassdrag. Lenaelva og Hunnselva kan nevnes som eksempel på vassdrag med spesiell stor belastning. Før forurensningsbegrensende tiltak ble påbegynt i 1975, bidro industrien med fosforutslipp på ca. 115 tonn pr. år. Gjennom Mjøsaksjonen og ved det arbeidet som ble påbegynt tidligere, har forurensningsbelastningen fra industrien blitt vesentlig redusert. Nedleggelsen av Toten Cellulose og Mesna Kartong har ytterligere bidratt til å redusere industriutslippene til Mjøsa.

Mjøstraktene har siden gammelt av vært et av Norges viktigste jordbruksdistrikt. Siden midten av 50-årene og spesielt i løpet av 60-tallet har

det skjedd til dels store forandringer innenfor jordbruket. I de mer sentrale Mjøsbygdene har flertallet av gårdsbruk gått over til korndyrking, mens man innen andre områder har spesialisert seg på husdyrhold med store besetninger og rasjonell drift med kraftfôr og surfôrproduksjon. Sterk økning av forbruk av kunstgjødsel, økt grøfting, økt anvending av kraftfôr og surfôr, halmluting, fosfatrike vaskemidler, økt vannforbruk i dyrestallene, dårlig lagringskapasitet for husdyrgjødsel, gjødselspredning på frossen mark i kombinasjon med rasjonell drift har bidratt til at jordbruket er blitt en betydelig forurensningskilde, først og fremst når det gjelder hygieniske aspekter, organisk stoff og næringsalter. Tidligere medførte jordbruket begrensede forurensningstilførsler. Før Mjøsaksjonen skapte utslipp via lekkasje fra gjødselkjeller, avrenning fra silo og utslipp fra halmlutningsanlegg betydelige problemer spesielt i tilløpsvassdragene. I forbindelse med silonedleggingen var tidligere flere mil av de tilrennende vassdrag totalskadet. Da forurensningsbidraget fra jordbruket var som størst, regnet man med at det årlige fosforbidraget lå på omkring 100 tonn. Gjennom Mjøsaksjonen har situasjonen blitt betydelig bedre, og i dag lever det igjen fisk i tidligere helt ødelagte bekker og elvestrekninger.

Forurensningssituasjonen

FORURENSNINGSSITUASJONEN I MJØSA

Det alvorligste problem i forbindelse med Mjøsas forurensningssituasjon besto frem til midten av 70-årene i den akselererende eutrofiutvikling som hadde foregått i løpet av 50- og 60-årene. Eutrofiering som betegnes som en sekundær forurensning, førte til at innsjøen og tilløpene ble stadig mer produktive på grunn av økt tilførsel av plantenæringsstoffer (spesielt fosfater og nitrater). Dette gav seg i første rekke utslag i en hurtig økende algevekst i Mjøsas overflatelag - et forhold som siden 60-tallet medførte betydelige praktiske og estetiske problemer. Mjøsas sentrale partier hadde i begynnelsen av 70-tallet et "eutroft" preg, mens de sydlige og nordlige partier nærmest kunne betegnes å ligge i grenseområdet mesotrof - eutrof. En fortsatt utvikling i denne retning kunne ha skapt høyst uønskede og til dels irreversible forhold, ikke bare for Mjøsa, men også for vassdraget nedstrøms som tydelig har preg av algeveksten i selve Mjøsa. Det er bl.a. i stor utstrekning "Mjøsalger" som blir funnet i Øyerens frie vannmasser og i Glåmas nedre løp.

Situasjonen ville blitt spesielt alvorlig om algeveksten var blitt så stor at nedbrytningen av autoktont (i innsjøen produsert) organisk stoff (representert ved nedsynkende alger) i dyplagene og bunnsedimentene, forbrukte så mye oksygen at dette hadde ført til total oksygenmangel. Derved ville den barriere som holdt tilbake fosfor i bunnsedimentene til dels blitt brutt, og på denne måten ville regenereringen eller tilbakeføringen av fosfor fra sedimentene til selve innsjøen øke. Videre ville det være risiko for at livsgrunnlaget for flere viktige dyregrupper, bl.a. en del av ishavsimmigrantene forsvant. Dette ville fått konsekvenser for innsjøens fiskeproduksjon.

Problemet med høyt kvikksølvinnhold i Mjøsfisken er ytterligere blitt aktualisert ved de konsumrestriksjoner som ble utarbeidet i 1982, jfr. side 35. Kvikksølvproblemet må vi regne med vil vare lenge på grunn av utløsning fra sedimentene.

Organisk belastning (spesielt i forbindelse med utslipp fra treforedlingsindustrier) og mikrobiell forurensning (fekale utslipp via boligkloakk og utsig fra gjødselekjellere) skapte også åpenbare problemer som imidlertid

i første rekke var av mer lokal karakter til forskjell fra eutrofieringen som berørte hele innsjøen.

Hygieniske forhold

Fra et hygienisk synspunkt var/er området utenfor de større byene og tettstedene å betrakte som mest forurenset. På grunn av til sine tider stor utspylingseffekt via Lågen nådde/når bakterier og virus (dvs. fersk fekal forurensning) fra de større kloakkutslipp i Lillehammer-området og i noen grad også fra Moelv, så godt som hele den nordlige delen av Mjøsas overflatelag. Kloakkutslippene fra Gjøvik, Brumunddal og Hamar med flere fikk/får en mer lokalpreget effekt, men også disse medfører at til dels store områder av innsjøens øverste vannlag kan bli berørt av fersk fekal forurensning.

På større dyp (vannlagene under sprangsjiktet ved stagnasjonsperiodene) i de mer sentrale og sydligste deler med unntak av Tangenvika, er vannets kvalitet hygienisk sett betydelig bedre. Her påtreffes mer sjelden bakterier med mer direkte indikasjon på fekal forurensning (dvs. termostabile coli).

Temperaturforholdene i Mjøsa, vind og variasjoner i Lågens vannføring har stor betydning for forurensningssituasjonens variasjonsmønster regionalt og med tiden.

De hygieniske aspekter av forurensningssituasjonen i Mjøsa kan sammenfattes på følgende måte:

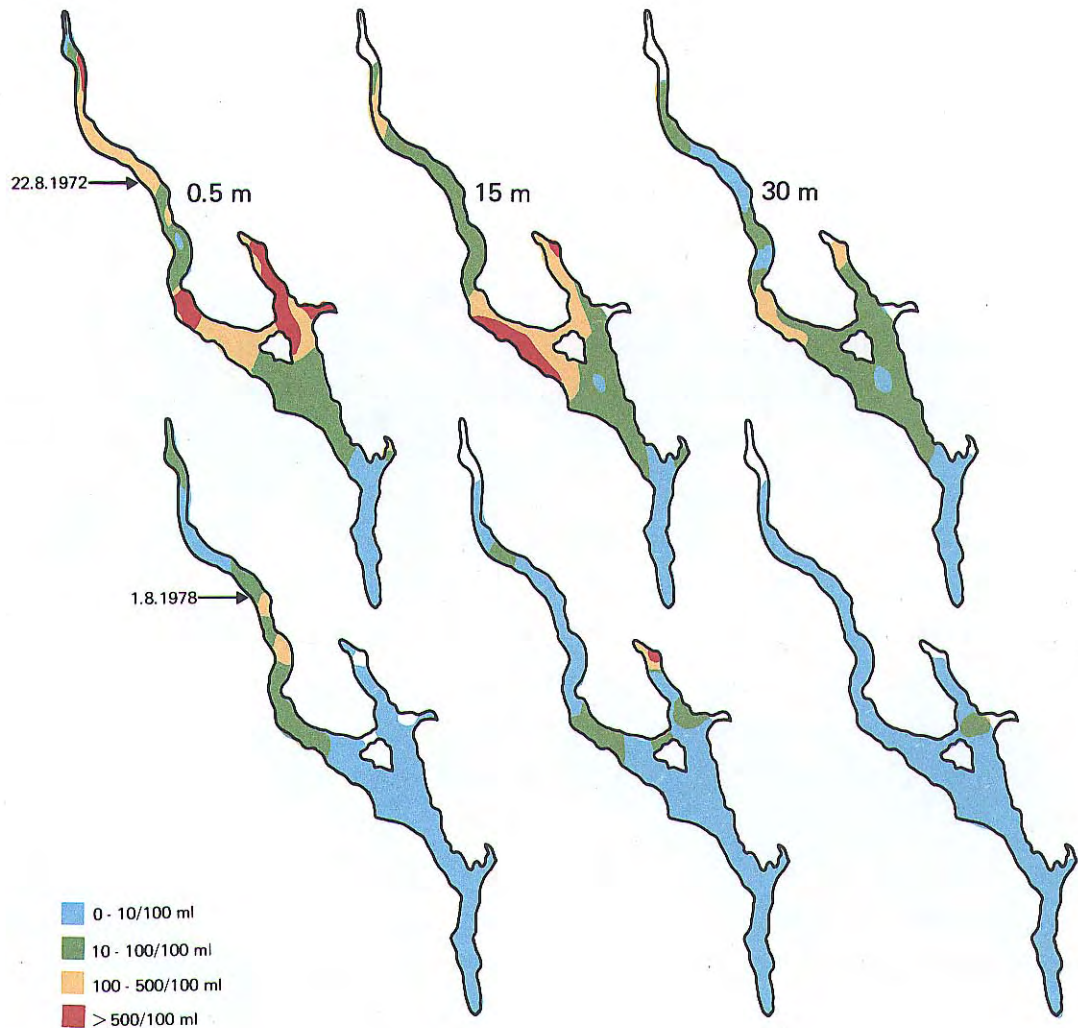
1. I størsteparten av Mjøsas overflatelag var det tidligere til sine tider et relativt høyt bakterieinnhold og en klar indikasjon på fekal forurensning. Enkelte områder med stor tilførsel av kommunalt avløpsvann var sterkt forurenset og kunne betraktes som hygienisk utilfredsstillende (dvs. risiko for forekomst av sykdomsfremkallende bakterier og virus samt egg av innvollsparasitter).

Dette gjalt spesielt

- store områder fra Lillehammer og sørover
- lokalt begrenset område utenfor Moelv
- Betydelige områder omkring Gjøvik, særlig rundt de sørlige deler

- hele Furnesfjorden og betydelige områder utenfor og sør for Hamar
- innerste delen av Tangenvika.

2. Dypere vannlag samt Mjøsas sørlige deler var normalt mindre påvirket.



Situasjonsbilde for forekomst av coliforme bakterier (37 °C) i Mjøsas frie vannmasser. Etter at de større rensesanlegg kom i drift har de hygieniske forhold forbedret seg.

Organisk belastning

Mjøsa ble tidligere tilført betydelige mengder organisk materiale, i første rekke fra treforedling- og næringsmiddelindustri. Slike tilførsler ved siden av større utslipp av kloakkvann, forårsaket total oksygenmangel og utvikling av hydrogensulfid (H_2S) og andre gasser i mer lokalt begrensede bunnområder. På begrensede steder var alt høyere organismeliv utslått. I mindre påvirkede områder der oksygenforbruket var mindre utpreget og hydrogensulfidutviklingen ikke forekom, var faunasammensetningen forskjøvet mot mer motstandsdyktige organismer som visse fåbørstemark (bl.a. *Tubifex* og *Limnodrilus*) og visse fjærmygglarver tilhørende slekten *Chironomus* på grunnere områder og *Tanypodinae* på større dyp.

I områder med store fiberbanker som f.eks. utenfor Hunnselvas munning og til dels i indre deler av Furnesfjorden, var/er den høyere faunaen helt slått ut. Døde bunnområder forekom tidligere rent lokalt i direkte tilknytning til større kloakkutslipp omkring Hamar. Det vil med andre ord si at vi tidligere hadde områder der nærings saltbarrieren var brutt og derfor kunne forvente betydelig "lekkasje" av fosfor fra bunnområdene til vannmassene over. Områdene var små sett i relasjon til Mjøsas totale bunnareal, men da de mottok store mengder næringsalter (stor tilførsel av kloakkvann) og lå i mer eller mindre kontakt med de øverste vannlag, kunne de få en viss betydning i eutrofisammenheng (stort fosforutsig pr. flateenhet). Høy pH (>9) i de øvre vannlag grunnet stor algevekst bidro tidligere også til økt tilførsel av næringsalter fra grunnere bunnområder.

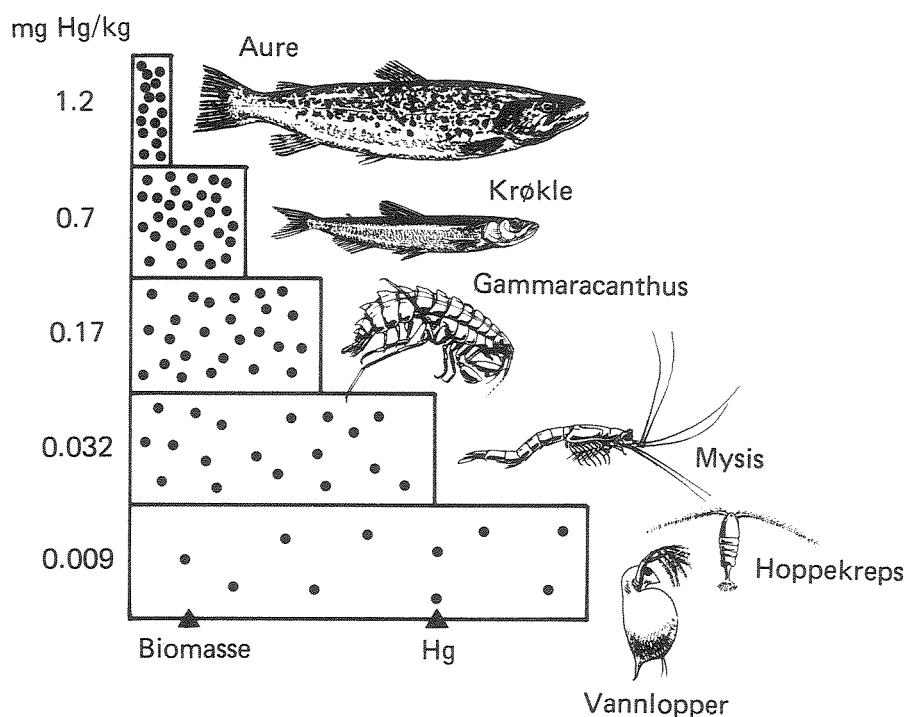
Områder med mindre påvirkning forekom i første rekke i randsonen til de ovenfor nevnte bunnområder samt i dypområdene i den nordligste delen der innsjøen også ble tilført betydelige mengder organisk stoff av mer naturlig opprinnelse via Lågen (sedimentasjonsbekken). En til visse tider markert kompensasjonsstrøm i de dypere vannlag var sannsynligvis av stor betydning (stor tilførsel av oksygenrikt vann). Særlig er denne strøm fremtredende under flomsituasjoner. Om vinteren når vannføringen i Lågen er liten, og innsjøen er islagt, reduseres den nordgående dypvannsstrøm. Dette bidrar bl.a. til at vannets oksygeninnhold er lavt i dyplagene på denne årstid.

Mjøsas bunnområder forøvrig synes hele tiden å ha hatt gode oksygenforhold.

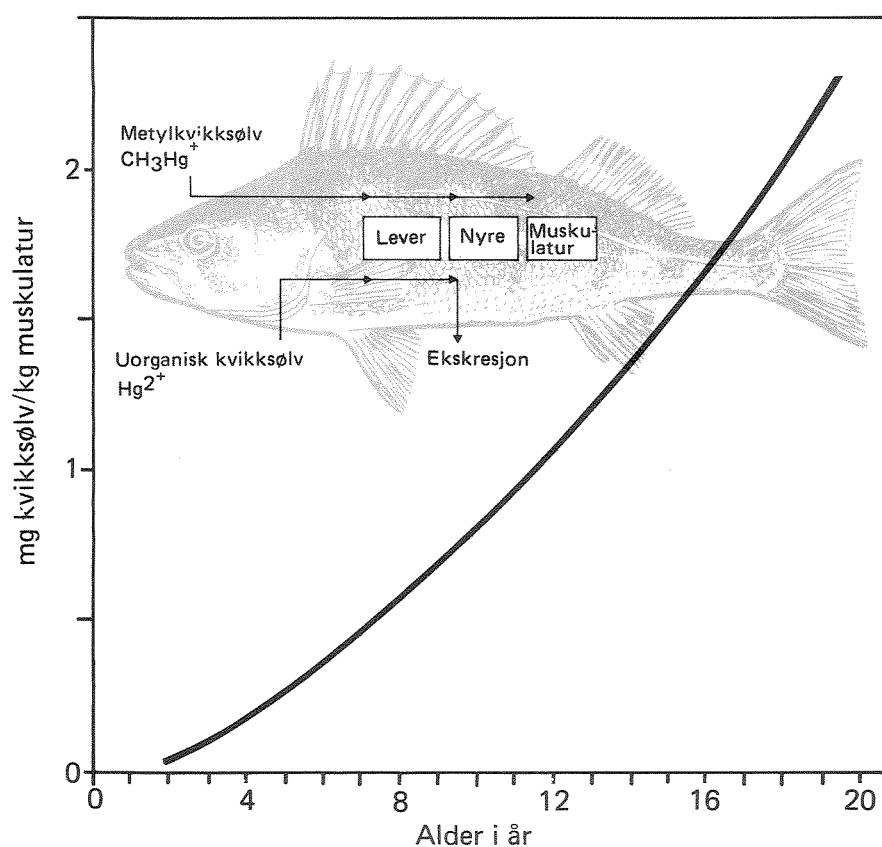
Oksygenmetningen i dyplagene av Mjøsas sentrale områder ligger i området 80-90%. Det kan bemerkes at oksygenkrevende arter av såvel fåbørstemark som fjærmygglarver er funnet på 446 meters dyp, dvs. i innsjøens dypeste områder.

Kvikksølvinnhold i fisk

Kvikksølv er et stoff som kan akkumuleres (lagres) i organismene, og dermed øker innholdet relativt sett fra et ledd til det neste i næringskjeden. Små kvikksølvutslipp kan derfor gi høye konsentrasjoner i organismene og da særlig i fisk som befinner seg "på toppen" av næringskjeden. Kvikksølv bindes hurtig til partikler og organismer hvoretter det lett transporteres i næringskjeden og når høye nivåer i de øverste ledd. Denne effekt forsterkes ved mikrobiell dannelse av metylkvikksølv i sedimentene.



Eksempel på hvordan kvikksølv anrikes i de høyere ledd i næringskjeden i Mjøsas frie vannmasser. (Modifisert etter Sandlund et al. 1981).



Skjematisk bilde over forholdet mellom alder og kvikksølvkonsentrasjon hos abbor i Mjøsa, samt hvordan metyllkvikksølv og uorganisk kvikksølv forekommer og transporteres i fisken. (Modifisert etter Jernløv og Lann 1971 samt Sandlund et al. 1981). Som det fremgår av figuren øker kvikksølvinnholdet med økt alder, og det er i første rekke metyllkvikksølv (80-100%) som lagres i fisken da det er fettløselig og utskilles langsomt. Halveringstiden under skandinaviske klimaforhold er meget lang, 1-3 år. Hos fisk lagres metyllkvikksølv i betydelig grad i muskulaturen. Ca. 90-95% av kvikksølvet tas opp via tarmen mens det øvrige tilføres direkte via gjellene.

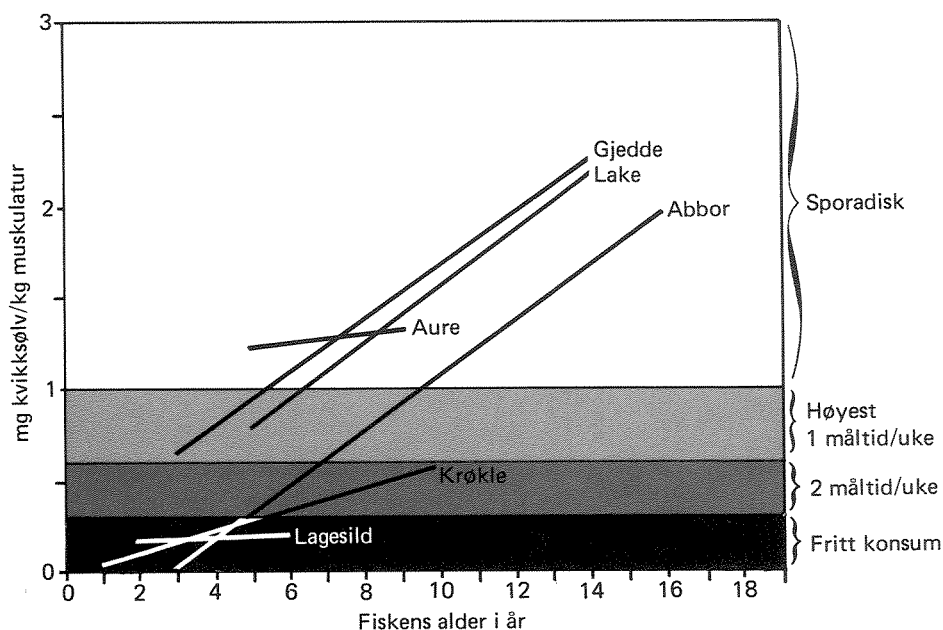
I Mjøsa er det først og fremst i stor og gammel rovfisk de høyeste verdiene er funnet, og i eldre fisk av aure, abbor, lake og gjedde er innholdet av kvikksølv ofte over 1 mg/kg. Til tross for at større industriutslipp av kvikksølv (ca. 2,5 tonn i perioden 1969-70) til Mjøsa opphørte omkring 1970 kan en 10 år senere ikke spore noen forbedring. En må derfor ikke se bort fra at tidligere utslipp fortsatt er en kilde til kvikksølvforekomster i Mjøsfisken.

Undersøkelser fra andre lokaliteter har vist at det kan ta meget lang tid før virkningen av et kvikksølvutslipp forsvinner. Det antas derfor at sedimenter kan virke som reservoarer for tidligere kvikksølvutslipp. På bakgrunn av dette er det ikke grunn til å vente noen vesentlig nedgang i kvikksølvinnholdet i Mjøsfisken med det første.

På grunnlag av en undersøkelse i 1979-80 har Helsedirektoratet foretatt en helsemessig vurdering av konsum av fisk fra Mjøsa. Det er her tatt utgangspunkt i hvilke mengder av de forskjellige artene som gir et akseptabelt ukeinntak ($\approx 300 \mu\text{g}$) av kvikksølv. Følgende generelle regel gjelder:

< 0,3 mg/kg	:	Fritt konsum
0,3 - 0,6 mg/kg	:	2 måltider/uke
0,6 - 1,0 mg/kg	:	Høyst 1 måltid/uke
> 1,0 mg/kg	:	Sporadisk

Dette medfører inntil videre bl.a. at Mjøsauren bare bør benyttes rent sporadisk.



Forhold mellom alder og kvikksølvkonsentrasjon i muskulaturen hos seks fiskearter fanget i Mjøsa 1979-80, relatert til Helsedirektoratets normer for konsum av fisk med kvikksølvinnhold. (Fig. modifisert etter Sandlund et al. 1981)

Undersøkelser om kvikksølvinnehold i Mjøsfisken foreligger fra 1969 (Underdal 1970), 1975 og 1977 (Nashoug, unpubl. mat.) samt 1979-80 (Sandlund et al. 1981).

Eutrofiering

Da eutrofieringen har stått sentralt når det gjelder Mjøsa skal denne påvirkning behandles mer inngående.

Generelt om eutrofiering

De vitenskapelige termene oligotrofi, mesotrofi og eutrofi ble innført i begynnelsen av 1900-tallet for å beskrive næringsforholdene i innsjøer. Oligotrofe innsjøer ble definert som fattige på næringsstoffer/planteplankton og således lavproduktive, mesotrofe innsjøer ble definert som middelsrike og eutrofe innsjøer som rike på næringssalter/planteplankton og således høyproduktive.

Med solenergien som drivkraft, uorganisk karbon og en rekke andre mineraler (bl.a. næringssalter som nitrogen og fosfor) som byggestener er planter som inneholder klorofyll via sin fotosyntese istand til å produsere organisk stoff. Derved danner de grunnlaget for det videre liv. I innsjøer og vassdrag er det tre hovedgrupper av organismsamfunn som bidrar til primærproduksjon, nemlig planteplankton som består av mikroskopiske vekster som befinner seg frittlevende i de øvre vannmasser, påvekstalger som består av såvel større som mindre former som er festet til et substrat samt moser og den høyere vegetasjon som eksempelvis tjonaks, siv osv.

I våre innsjøer er det som regel planteplanktonet som utgjør den viktigste primærprodusenten, mens de bentiske algene og den høyere vegetasjon er henviset til grunnere områder ved strendene. I grunnere innsjøer kan disse spille en avgjørende rolle. I rinnende vann er det som regel de bentiske samfunn som bidrar med den største delen av primærproduksjonen, mens planteplanktonet på det nærmeste savnes. Moser og høyere vegetasjon kan også spille en stor rolle.

Påvirkes og forandres livsvilkårene for plantesamfunnet vil dette forandres

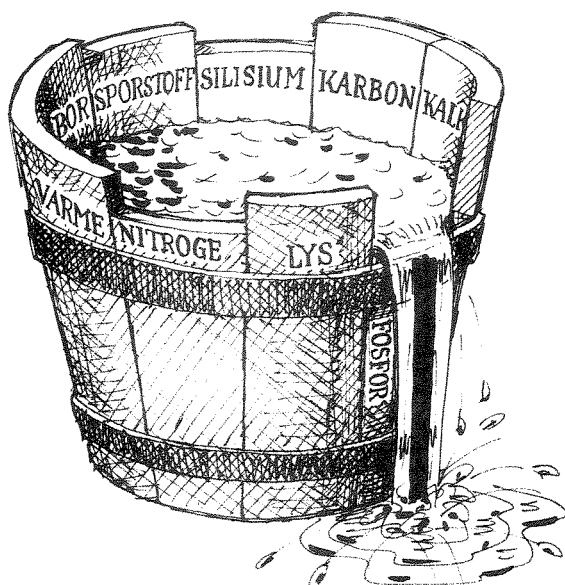
både når det gjelder produksjonskapasitet og sammensetning. Derved vil også livsvilkårene for samtlige etterfølgende ledd i økosystemets næringskjeder endres. Er påvirkningen stor kan det oppstå betydelige forstyrrelser som kan få praktiske konsekvenser ved å skade eller forringe brukerinteressene som knytter seg til innsjøen eller vassdraget.

En av de vanligste menneskeinduserte økosystemforstyrrelser som forekommer i våre vassdrag i mer urbaniserte deler av landet, er hva vi kaller kultur-betinget (man made) eutrofiering. Dette er et samlebegrep for den biologiske respons vi får i våre vassdrag på grunn av en stadig økende nærings-salttilførsel via menneskelige aktiviteter som jordbruk, kloakkutslipp og industriaktivitet.

Eutrofiering (økt næringsinnhold) av et vassdrag innebærer således i sak en overgang mot mer næringsrike forhold på grunn av økt tilgang på nærings-salter. Benevnelsen eutrofiering må derfor knyttes til alle de prosesser /kilder såvel eksterne som interne som bidrar til å øke nærings-salttilførselen slik at vannets produksjonsevne øker. I daglig tale setter man som regel eutrofiering i forbindelse med overgjødning. Problemer med vegetasjonsfarge og igjengroing oppstår. Enhver eutrofiering behøver imidlertid ikke skape problem, men kan også være positiv ved f.eks. økt fiske-avkastning. Eutrofieringsproblem har her i landet i likhet med situasjonen i den vestlige verden forøvrig vært spesielt markert og omdebatert siden midten av 50-tallet.

Alle råvarer er like viktige ved produksjon. Det emne som først tar slutt vil bestemme hvor mye som kan produseres. Dette er bakgrunnen for Liebigs lov (oppkalt etter sin opphavsmann), som sier at veksten eller produksjonen begrenses av det næringsemne som i forhold til plantenes behov, befinner seg i minimum.

De nærings-salter som står sentralt i eutrofieringsprosessen, er fosfor og nitrogen. I ferskvann av den type vi har her i landet er det nesten uten unntak fosfor som er vekstbegrensende, dvs. forekommer i så små mengder at den forbrukes helt under den biologiske produksjonen. Det foreligger derfor som regel en god korrelasjon mellom fosforinnhold og produksjons-kapasitet. Da de menneskelige bidrag av fosfor i stor utstrekning kommer via punktkilder som teknisk og økonomisk kan begrenses, står fosforbe-



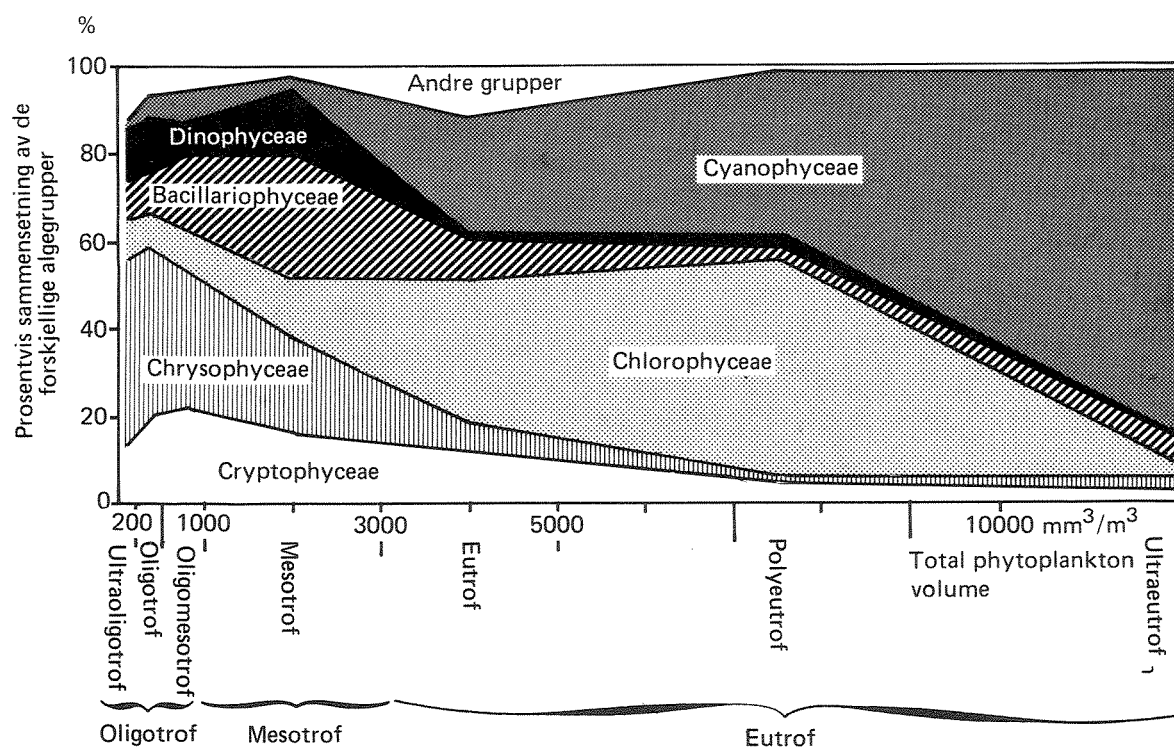
Akkurat som vannet i en tønne bare kan stige til toppen av den korteste staven, så er også den tilvekstfaktor som det er minst av avgjørende for resultatet. I våre ferskvannsforekomster er det som regel fosfor som er mest begrensende og opptrer som minimumsfaktor.

grensning i dag sentralt når det gjelder å begrense eutrofiutviklingen i ferskvannsmiljøer. I marine miljøer er det i motsetning til ferskvann som regel nitrogen som er mest vekstbegrensende. Når det gjelder våre muligheter til å begrense nitrogentilførselen, står vi dårligere stilt da et vesentlig bidrag kommer via diffuse kilder som f.eks. via dagens moderne jordbruksdrift med betydelig kunstgjødselforbruk. Fosfor og nitrogen er imidlertid bare to blandt mange ulike næringsstoffer. "Vår-oppblomstringen" av kiselalger så vel i våre innsjøer som kystfarvann anses å kunne bero på tilgangen av silisium og i andre tilfeller kan nøkkelementet være jern eller kobolt.

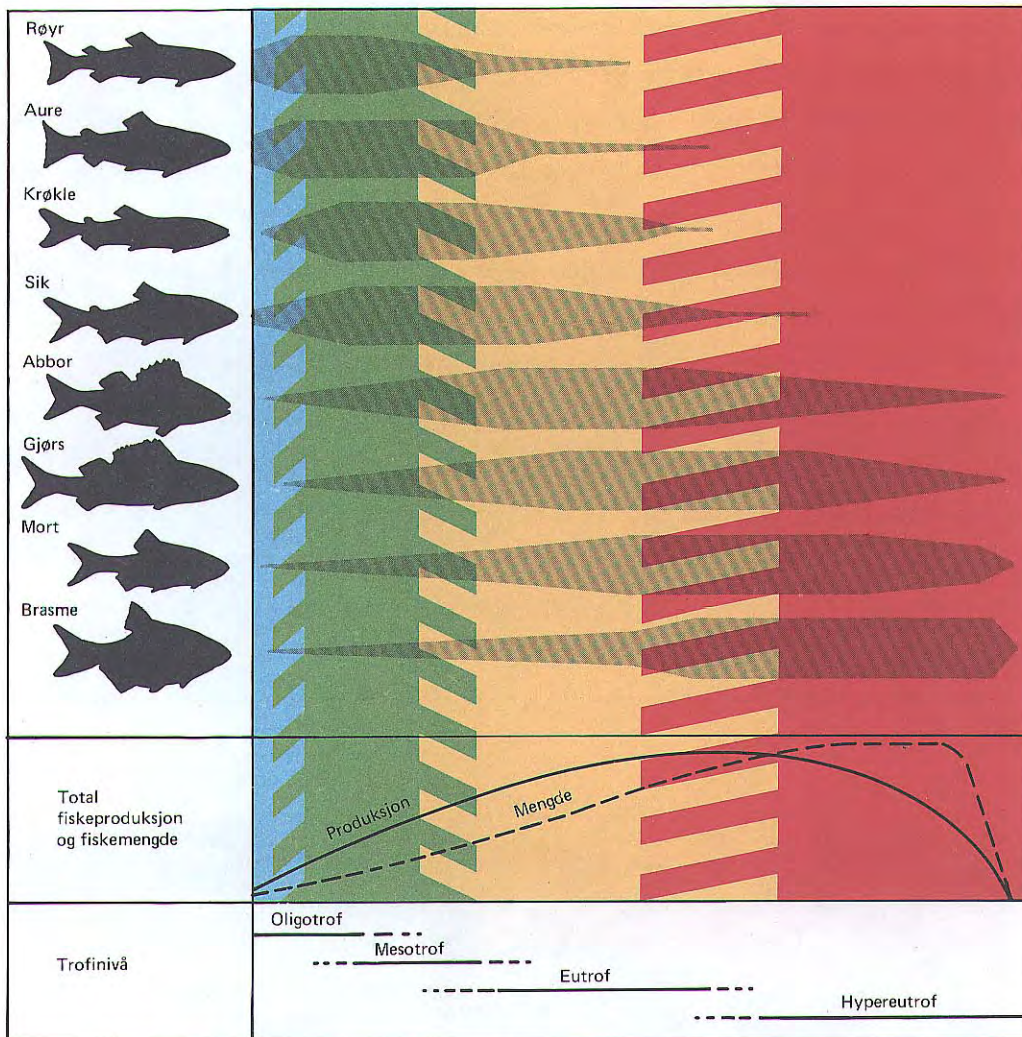
Høy utgangskonsentrasjon (basiskonsentrasjon) av næringsalter kan senkes på kort tid. Innholdet uttrykker bare et tilfeldig lager som hurtig brukes opp. Avgjørende for den biologiske utvikling gjennom en lengre periode er tilførselen av næringsalter. Målet for en undersøkelse av næringsalter i vannsystem må derfor være et budsjett der tilførsel, biologisk omsetning og borttransport veies mot hverandre. Under naturlige forhold er det som regel balanse i dette budsjett til forskjell fra situasjonen ved en eutrofiutvikling da næringsaltilførselen stadig øker, dvs. tilførselen er større enn borttransporten.

Det første som skjer ved en eutrofiutvikling, dvs. når næringssalttilførselen øker, er at produksjonskapasiteten i det eksisterende organismesamfunn øker (gjelder samtlige ledd i økosystemet). Normalt fører denne prosess ikke til noe alvorlig problem, og et velbalansert økosystem kan fortsatt opprettholdes. Det er dette utviklingstrinn man som oftest etterstreber ved gjødsling av forsurede innsjøer og fiskevann.

Etterhvert som næringssalttilgangen øker, skjer det forandringer i økosystemet og bl.a. skjer det i innsjøene en endring av planteplanktonets artssammensetning og da i en retning mot større algearter/kolonier (stavformede kiselalger, visse grønnalger og dinofyséer samt blågrønnalger) som gjør dem mindre egnet som føde for neste ledd i næringskjeden (dyreplankton, bunndyr). Mer næringssaltkrevende bentiske alger og høyere vegetasjon får nå mulighet til å danne store bestander. Resultatet av alt dette



Forholdet mellom den prosentvise sammensetning av planteplanktongrupper og det totale planteplanktonvolumet basert på middelveiene av analyseresultater fra 100 innsjøer. (Etter Brettum 1979).



Generell beskrivelse av fiskefaunaens forandring ved eutrofipåvirkning. Samtidig med at den totale fiskeproduksjon og fiskeforekomst øker ved økt trofinivå skjer det en forandring av fiskefaunaen fra kaldvannssarter som laksefisker mot større forekomst av varmtvannssarter som karpefisker der slike forekommer. Ved hypereutrofe forhold forekommer som regel store bestander av mager og småfallen brasme med lav produksjonskapasitet. Da forholdene blir så ekstreme at oksygenet periodevis helt tar slutt, dør fisken ut.

blir en opphopning av plantemateriale som i liten grad omsettes via de naturlige næringskjedene, men istedet direkte nedbrytes mikrobielt (forråtnelse). Økosystemet kommer således i ubalanse, og en sier at økosystemet er ute av likevekt. Blir opphopningen av plantemateriale stort, forbrukes betydelige oksygenmengder ved nedbrytningsprosesser og vannet kan bli oksygenfritt med hydrogensulfid dannelse. Et anaerobt miljø oppstår.

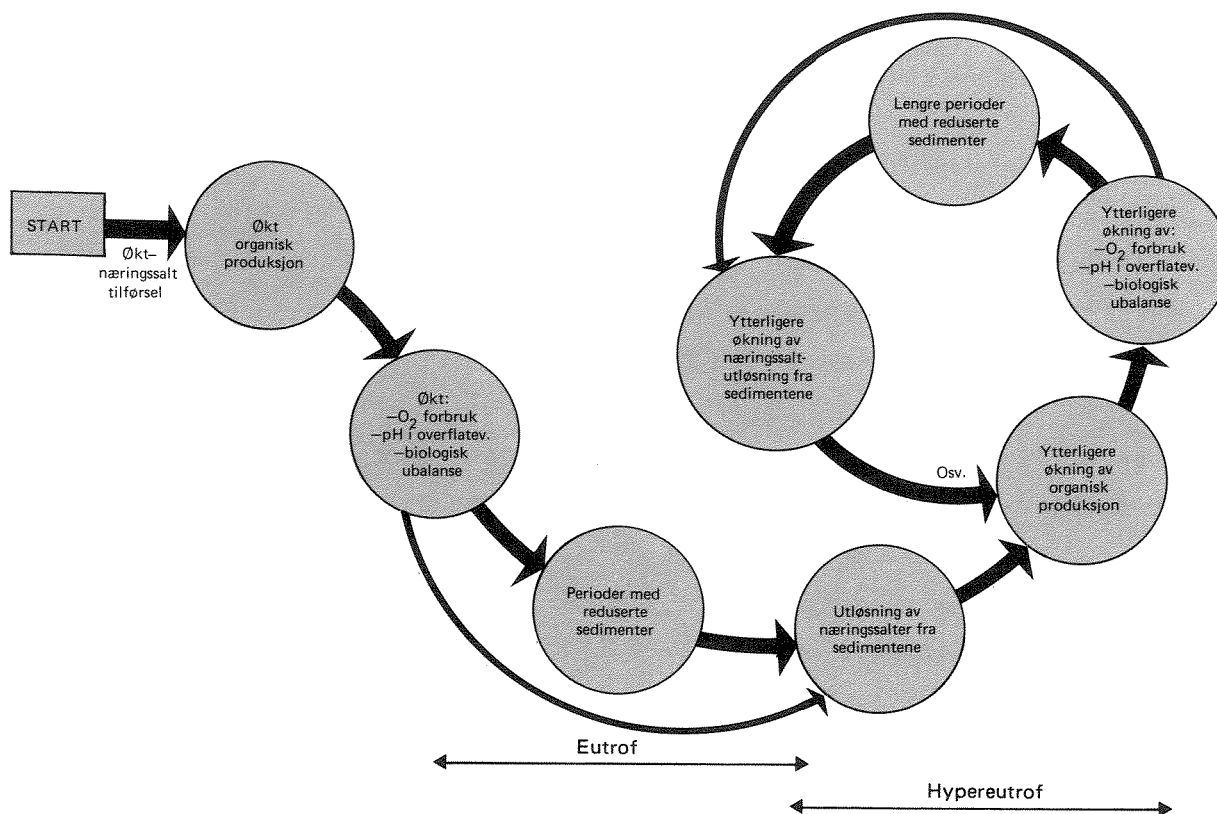
Dette skjer frem for alt i innsjøenes bunnområder der oksygentilgangen er liten. Gjennom studier av vannets oksygeninnhold kan man derfor skaffe seg en oppfatning om forholdet mellom produksjon ved fotosyntese og forbruk ved ånding.

Store planteplanktonmengder misfarger vannet og nedsetter siktbarheten, vannet blir vegetasjonsfarget og grumset. Videre kan store algemengder bidra til lukt- og smaksproblem både når det gjelder vann og fisk. En del algearter som forekommer ved høy næringssaltbelastning kan også produsere giftstoffer. Som regel skjer det betydelige artsforandringer også i de andre ledd i økosystemet. Fiskeproduksjonen øker betydelig samtidig som det skjer en forskyvning fra laksefisker mot økt forekomst av mer varmekrevende arter som karpefisker hvis slike finnes.

Mange av de forandringer som skjer såvel fysisk-kjemisk som i økosystemet i forbindelse med økt eutrofiering synes å forsterke selve prosessen som får stadig hurtigere forløp. Oksygenmangel i bunnsedimentene og tidvis høy pH (på grunn av stor algevekst) i de øvre vannlag bidrar til økt lekkasje av fosfor fra bunnområdene. Forandringer i dyreplankton og bunnfaunasamfunn bl.a. på grunn av forandringer av fiskefaunaen, nedsetter deres mulighet til å beite ned produsert plantemateriale og forsterker således den økologiske ubalanse ytterligere. Vi får således stadig mer ubalanse i systemet samtidig som den indre næringssalttilførselen øker på grunn av at tidligere bidrag som er deponert i bunnsedimentene nå til dels blir tilgjengelig. Man sier at en innsjø er nådd et stadium der den begynner å gjødsle seg selv.

Jo lengre man tillater en eutrofieringsprosess jo vanskeligere er det å mestre den, og det er således viktig å stoppe eutrofieringen på et tidlig tidspunkt og helst forebygge den. Dette gjelder spesielt innsjøer. I rinnende vann er utslippene mer direkte korrelert til den biologiske respons, og her får en næringssaltreduksjon en mer direkte effekt.

Foruten selve næringssalttilførselens størrelse, sammensetning, tidspunkt og de fysisk-kjemiske og biologiske forhold i selve vassdraget tilkommer ytre faktorer som vannføring og vannføringsmønster, vassdragets utforming, klima osv. som faktorer som i større eller mindre grad påvirker eutrofiutviklingen. Vannføringen står som regel sentralt ved at denne influerer



Slippes eutrofiprosessen for langt kan innsjøen begynne å gjødsle seg selv. Oksygenbrist i dypere vannlag og utløsning av næringsalter spes. fosfor fra sedimentene står her sentralt. Tiltagende ubalanse i oksygen-systemet og høy pH kommer her inn som forsterkende moment. (Fig. modifisert etter Olah 1975.)

på fortynningsmulighetene for tilførte næringsalter. Vassdrag med stor vannføring og innsjøer med stor gjennomstrømming er således mindre følsomme for nærings saltbelastning enn innsjøer med liten vanntilførsel og gjennomstrømming. Nedbørrike år gir mindre utslag enn år med liten nedbør osv.

Når det gjelder eutrofieringsbegrepet er det grunn til å skille mellom naturlig eutrofiforandring og menneskelig forårsaket eutrofiering ("man made eutrofication", kulturbetinget eutrofiering osv.). En via menneskelige aktiviteter påtvunget eutrofiering karakteriseres ved en stadig økende næringstilførsel fra omgivelsene til et visst system. Ofte skjer tilførsel i form av mer konsentrerte punktutslipp. Dette kan føre til en hurtig og som regel reversibel eutrofiering så lenge den ikke går for langt, som karakteriseres ved at det opprinnelige økosystem bringes ut av balanse.

Ved en naturlig eutrofiutvikling er kontaktsonen sediment/vann dominerende når det gjelder næringssalttilgangen. Denne (naturlige) prosess karakteriseres videre av at den er ytterst langsom, irreversibel under stabile klimatiske forhold og som regel berører den bare grunne innsjøforekomster i mer næringsrike områder. Her i landet gjelder dette spesielt for grunne innsjøforekomster som ligger under den marine grense, i områder med næringsrike bergarter som forvitrer lett.

Ved naturlig og langsom eutrofieringsprosess beholdes økosystemet noenlunde i balanse uten hurtige og drastiske endringer. Som regel bindes produksjonstilskuddet hovedsakelig opp av den høyere vegetasjon. Våre mest betydningsfulle fuglesjøer hører til denne kategori. Det finnes imidlertid alle typer overganger fra naturlige til mer forurensningsbetingede eutrofe lokaliteter. Det er bare der hvor næringssaltbelastningen pr. volumenhet er stor vi får en hurtig og mer drastisk eutrofiering, mens tilfeller der belastningen pr. volumenhet er liten får vi en utvikling som i begynnelsen mer ligner den naturlige (her menes eutrofiering), dvs. økosystemet har større mulighet til å buffre opp den økte næringssalttilførselen.

En mer hurtig eutrofiering fortoner seg ikke som en kontinuerlig prosess, men utviklingen karakteriseres av perioder med raske og mer gjennomgripende forandringer som veksler med perioder med mer stabilitet. Utviklingen skjer trinnvis, og normalt er det to utviklingstrinn eller faser som pleier å være spesielt iøyenfallende. Den første av disse består i at de naturlige organismsamfunnene, spesielt når det gjelder planteplanktonet, gjennomgår en gjennomgripende forandring, og nye arter kommer ofte til som dominante innslag. Neste fase består i at planktonsamfunnet går over til masseforekomst av en eller et fåtall blågrønnalgearter som betinger vannblomst. Samtidig skjer en gjennomgripende forandring når det gjelder det øvrige organismeliv. Den andre fasen oppstår som regel når næringssaltbelastningen pr. volumenhet er spesielt stor, f.eks. ved større konsentrerte utslipp i avgrensede områder som viker og liknende, og/eller når belastningen på bunnområdene er nådd så langt at oksygenfrie tilstander oppstår. Derved tilføres betydelige mengder næringsalter også herfra.

Det finnes alle overgangsformer fra oligotrofe til eutrofe innsjøer, og det eksisterer ingen bestemte grenser for en innsjøes trofigrad. Det dreier

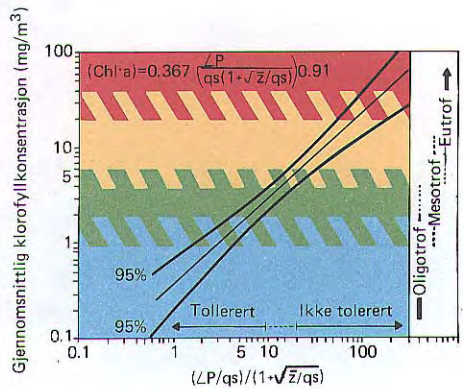
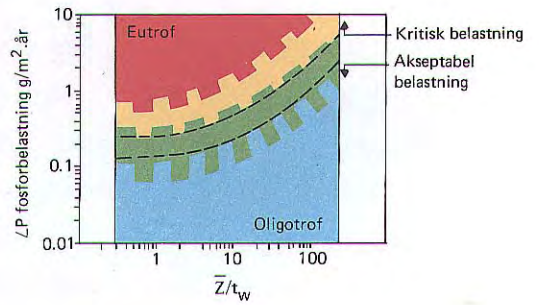
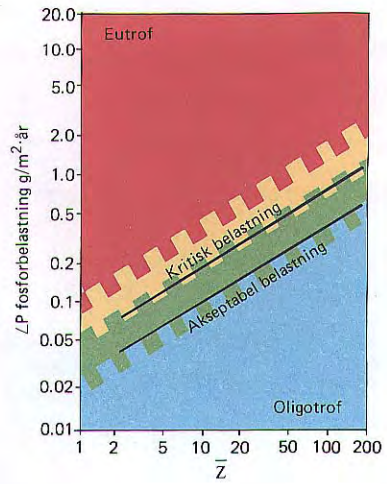
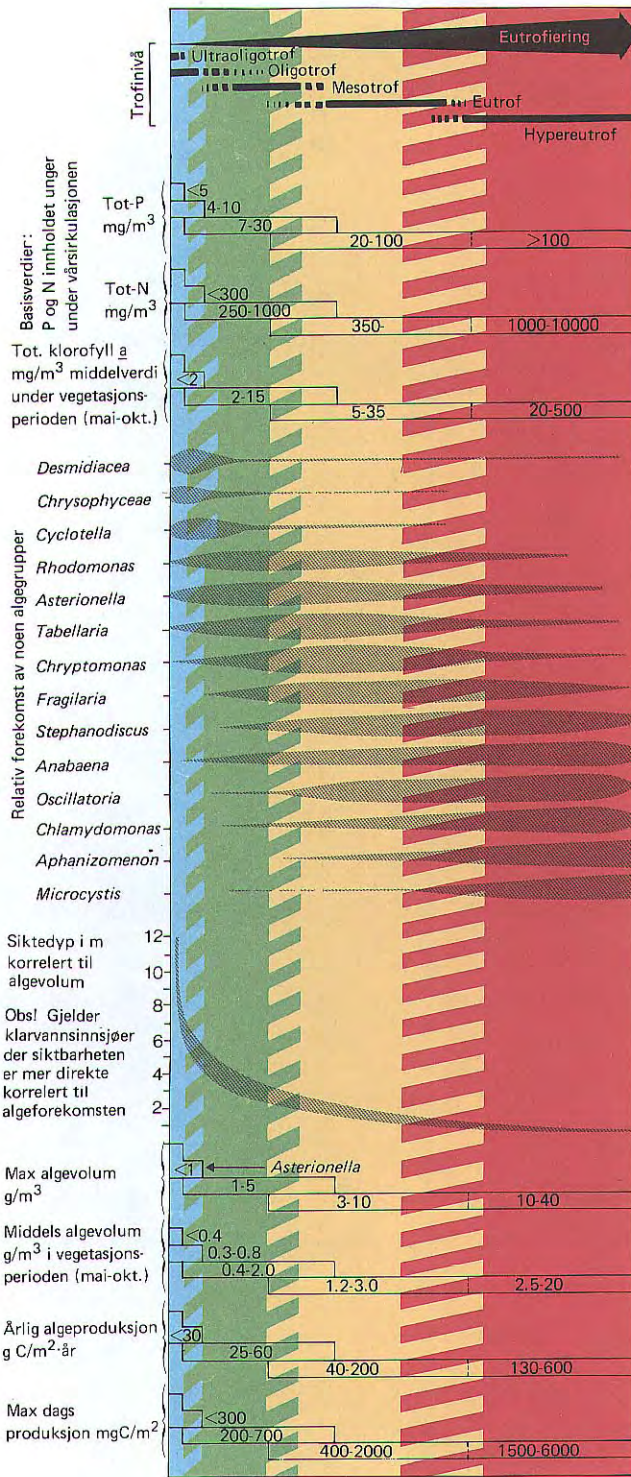
seg snarere om et bredt overgangintervall som varierer med innsjøenes ulike utforming (morfometri), humusbelastning, geografiske beliggenhet, nedbørfeltets geologiske utforming, hydrografi osv. Nettopp på grunn av at overgangen er glidende er det også umulig å faststille eksakte grenseverdier for de data som normalt samles inn ved undersøkelse av produktivitet forsøkt uttrykt som f.eks. maks. dagsproduksjon, årsproduksjon, klorofyllinnhold, maks. algevolum, middelalgevolum, artssammensetning, eutrofiindeks osv. Spesielt for dype innsjøforekomster er det algemengden i selve vannmassen samt forandring av algefloraen (vanligvis blågrønnalgeoppblomstring) som til en hver tid skaper de praktiske og estetiske problemer. Derfor har det vist seg mest fruktbart å anvende et mål på algemengden i kombinasjon med dens artsammensetning (eksempelvis diversity-indeks, indikatorarter) som grunnlag for eutrofibegrepet sett i mer praktisk sammenheng. Selvfølgelig er det viktig å se på disse resultater i sammenheng med parametrene som er nevnt ovenfor og som til tross for større variasjonsbredde, rent faglig er ytterst viktige. Spesielt har produksjonsbestemmelse via C_{14} -teknikk vist seg å være en god parameter i denne forbindelse.

På empirisk grunnlag, ved å sammenstille de vesentligste parametrene og i denne sammenheng å angi den omtrentlige variasjonsbredde for hver parameter, har det vært mulig så noenlunde å plassere en innsjøforekomst i en trofiskala. Dette gjelder spesielt større og dypere innsjøer. Som det fremgår av tabellen kan allerede små forandringer av algemengden, særlig i innsjøer med naturlig lav algemengde og stort siktedyp (klarvannssjøer), i betydelig grad forandre siktbarheten. Dette viser at siktedypet tross sin enkelhet kan være egnet og særlig følsom parameter i denne sammenheng. Innsjøer med betydelig humusinnhold, leirepåvirkning, breslam m.m. har fra naturens side et lavt siktedyp og her blir forandringen via økt algemengde ikke så markert.

En stadig økende eutrofiering i innsjøer som følge av økt nærings saltbelastning er et verdensomspennende problem, og det arbeides i dag i alle industrialiserte land intenst for å bekjempe denne utvikling. Ved iverksettelse av forurensningsbegrensende tiltak blir det naturlig nok alltid stilt krav om kost-nytteeffektanalyser. Dette krever bl.a. utsagnskraftige modeller eller relasjoner som i noen grad gjør det mulig å forutsi hvilke og hvor omfattende tiltak som bør iverksettes for å holde utviklingen under kontroll.

56
7

56
1.5 ≈



\bar{Z} = middeldyp i m
 t_w = omsetningstid i år
 $qs = \bar{Z}/t_w$
 LP = fosforbelastning g/m²·år

Vollenweiders eutrofimodeller (1968, 1976) og det såkalte »miljørgel» er gode redskap når det gjelder å bedømme belastning - respons i store og dype innsjøer. Diagrammet har dog sin klare begrensning og må anvendes med varsomhet.

Forskerne er her blitt stilt overfor en meget vanskelig oppgave, og det er blitt gjort en rekke forsøk på å utvikle matematiske eutrofieringsmodeller som er relevante for problemstillingen og som kan brukes i praktisk sammenheng. Bl.a. er det på empirisk grunnlag, særlig ved den såkalte Vollenweidermodellen, forsøkt å finne frem til relevante relasjoner mellom fosforbelastning og biologisk respons (algebiomasse).

Den forskning og empiriske modellutvikling som har pågått i den senere tid, synes lovende som et hjelpemiddel ved studium av eutrofieringens årsaks-virkningsforhold, særlig når det gjelder store, dype innsjøer. Det foreligger her en god korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon og midlere konsentrasjon av algebiomasse i produksjonssjiktet om sommeren.

Ved bruk av slike modeller må det tas hensyn til at enhver innsjø har sin egenart og at faktorer som klima, vekstsesongens lengde, vannets kjemiske sammensetning, beiteeffekt, fosfortilførsel fra innsjøens sedimenter osv. ikke fanges opp. De empiriske resultater kan dessuten bare anvendes på innsjøer av samme type som de eutrofieringsmaterialet stammer fra. Det kan i denne sammenheng være grunn til å nevne at de "utenlandske" modeller bl.a. omfatter mellomeuropeiske og amerikanske innsjøer, hvor bl.a. forurensningstilstanden, den generelle fysisk-kjemiske vannkvalitet, temperaturforholdene, vekstsesongens lengde, fosforomsetningen osv. tildels er svært forskjellig fra de norske.

Generelt om eutrofiutviklingen i store dype innsjøer.

Det første som skjer ved en eutrofiutvikling, dvs. når næringssalttilførselen til innsjøen øker, er en viss produksjonsøkning hva det eksisterende organismesamfunnet angår (gjelder samtlige ledd i økosystemet). Ved ytterligere påvirkning skjer som regel en viss forskyvning de ulike arter imellom ved at visse begunstiges mer enn andre og derved blir mer dominerende. En her i landet vanlig forekommende plantep planktonart, den stjerneformede kiselalgen *Asterionella formosa*, kan utvikle masseforekomst selv ved små økninger av næringssalttilførselen. Mest markert i dette stadiet er som regel en kraftig reduksjon av siktedypet under produksjonsperioden (gjelder særlig klarvannssjøer). Samtidig øker forekomsten av begroingsalger (spesielt kiselalger) langs strendene og i grunnere bunnområder (steiner og andre gjenstander får et brunt belegg). Dette kan i visse

tilfeller skape en del problemer ved f.eks. igjengroing av fiskeredskaper (garn, teiner o.l.). Videre vil som regel forekomsten av trådformete grønnalger (bl.a. *Ulothrix zonata* samt *Cladophora glomerata* i mer saltholdig vann) i selve strandkanten (ut til ca. 40-50 cm dyp) øke, og herved til tider skape et markert grønt belte langs innsjøens strender. I våre saltfattige vann er det først og fremst *U. zonata* som på et tidlig eutrofistadium danner markerte grønne belter. Dette kan også føre til visse problemer ved utøvelse av fiske. Karakteristisk nok er det gjerne fiskere som benytter fast redskap på grunne områder, som først blir oppmerksomme på den forandring som har foregått, mens folk flest foreløpig ikke reagerer. Ut fra vannets kjemiske sammensetning kan man på dette utviklingsnivå knapt spore noen forandring. Det maksimale algevolum varierer i området $0.4 - 3 \text{ mm}^3/\text{l}$ og total årlig fosfor- og nitrogenbelastning pr. m^2 innsjøoverflate er henholdsvis ca. 0.2 g fosfor og ca. 5 g nitrogen. For store dype innsjøer med stort vannvolum i forhold til overflaten, som f.eks. for Mjøsa eller for innsjøer med stor gjennomstrømming, ligger denne belastningsgrensen antakelig noe høyere.

Ved ytterligere næringssalttilførsler øker produktiviteten og mengden i innsjøens frie vannmasser. Forskyvningen de ulike arter imellom blir mer markert, samtidig som nye mer næringskrevende arter begynner å innfinne seg. Derved er store økologiske forandringer i ferd med å skje. Det inntrer gjerne en masseutvikling av kiselalger og blågrønnalger, mens andre rentvannsarter helt forsvinner. På grunn av dårlige lysforhold vil vegetasjonsgrensen for høyere vannplanter såvel som for fastsittende kiselalger forskyves mot grunnere områder. Blant dyreplanktonet skjer det også forskyvninger, og f.eks. forsvinner en oligotrofindikerende art som vannloppen *Holopedium* (gelekrepseren). Bunndyrene blir normalt i noen grad stimulert under den første fase i eutrofiutviklingen på grunn av større tilgang på næring (algeproduksjon). En betydelig ubalanse mellom konsumenter og produsenter oppstår nå i økosystemet, særlig gjelder dette de frie vannmasser.

Forandringene i selve innsjøen blir mer markert med betydelig vegetasjonsfarging av de øvre vannmasser, sterkt redusert siktedyp og til sine tider oppblomstring av blågrønnalger på sensommeren. Strendene, bryggepeler og båter blir til dels overtrukket med kiselalger og trådformede grønnalger. Det oppstår praktiske problemer, f.eks. misfarging og dårlig smak på drik-

kevannet, gjentetting av filtre, estetisk mindre tiltalende badevann, nedslamming av garn og andre fiskeredskaper. Denne utvikling øker i takt med økt næringssaltbelastning. En slik mer drastisk forandring skjer som regel når det maksimale algevolum når området $3-5 \text{ mm}^3/\text{l}$. Den årlige fosfor- og nitrogenbelastning pr. m^2 overflate er nå henholdsvis fra 0.2 til 0.5 g fosfor og 5 til 10 g nitrogen. Tilstanden medfører dessuten høy pH og overmetning av oksygen i overflatelagene under produksjonsperioden. I dyplagene og bunnområdene er det et betydelig oksygenforbruk. Utviklingen har nådd et nivå da almenheten blir mer klar over innsjøens forandring.

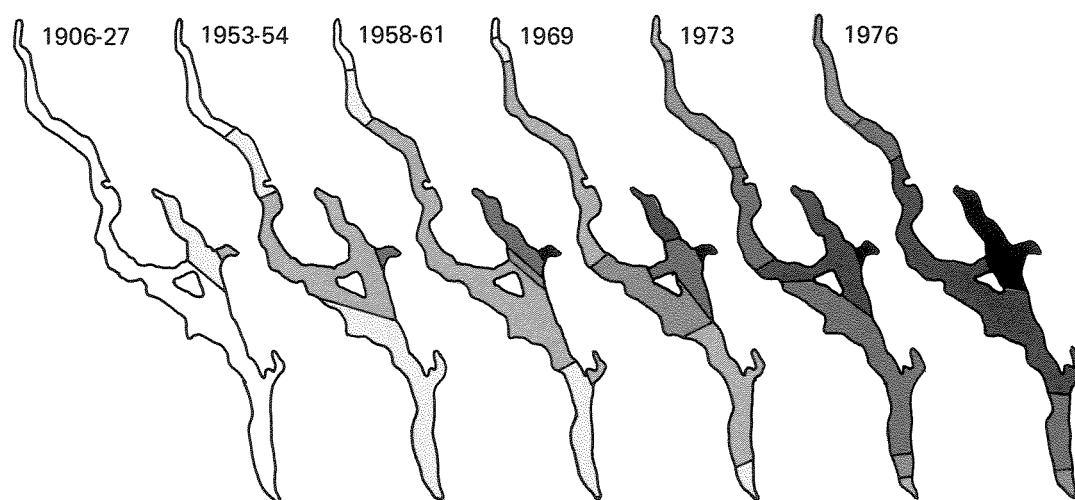
Ved en stadig økende næringssaltbelastning øker algemengden ytterligere. Algesamfunnene domineres på sensommeren i stadig større grad av blågrønnalger og algeblomst blir stadig mer vanlig. Ytterligere forandringer av faunaen skjer ved at mer eutrofibestående arter som eksempelvis fiskene abbor, mort og brasme blir stadig mer vanlig der slike finnes. Det samme er tilfelle når det gjelder bunnfaunaen i mer belastede områder som forskyves mot arter som tåler mindre oksygeninnhold.

Innsjøen er nå inne i en kritisk periode når det gjelder belastningen av bunnområdene, og risikoen for oksygenbrist foreligger. Det skjer imidlertid hurtig og markert forandring før næringssalttilførselen til innsjøen øker vesentlig, eller større bunnarealer blir oksygenfrie, slik at ytterligere næringssaltmengder som er lagret her, blir frigjort og tilgjengelig for algene i de øvre vannmasser. Herved forskyves algeflorea ytterligere mot forekomst av blågrønnalger (spesielt arter som *Oscillatoria*, *Microcystis* og *Aphanizomenon*) og masseoppblomstring inntreffer. Mer markert masseoppblomstring foreligger som regel når algevolumet har nådd $10 \text{ mm}^3/\text{l}$. Denne utviklingsfasen medfører drastiske forandringer for den øvrige flora og fauna. Bunnfaunaen forsvinner så godt som helt fra de helt oksygenfrie bunnområdet, og i de øvrige bunnområder påtreffes bare mer motstandsdyktige arter (fåbørstemark og visse fjærmygglarver). Bl.a. forsvinner større krepsdyr, særlig istidsinnvandrerne som er viktige næringsdyr for fisk der slike krepsdyr finnes. Fiskefaunaen forandres ved at mortfiskene, der slike forekommer, øker på bekostning av andre mer verdifulle arter som sik, aure, røye og harr. Som regel oppstår tette bestander av mort og brasme av dårlig kvalitet. Vannet egner seg lite som råvann for vannverk såvel som til badevann og annen rekreasjon.

Man regner ut fra empirisk grunnlag med at en innsjø er utsatt for en mer alvorlig eutrofiutvikling i tilfelle det årlige fosfor- og nitrogentilskuddet pr. m² innsjøoverflate utgjør henholdsvis 1 gram fosfor og 10 gram nitrogen. Er innsjøen spesielt dyp, ligger verdiene noe høyere, 1,2 g P/m² og 18 g N/m² innsjøoverflate. Som regel er da det maksimale algevolum under produksjonsperioden mellom 10 og 20 mm³/l, men kan selvfølgelig stige ytterligere i forbindelse med større algeoppblomstring. Større innsjøer er nå kommet over i en mer stabil fase på kortere sikt, men i mindre, grunne innsjøforekomster går utviklingen som regel enda lengre, hvorved kraftig H₂S-utvikling og total oksygenmangel til tider inntrer.

Eutrofiutviklingen i Mjøsa mer faglig vurdert

Figuren nedenfor er ment å gi et generelt og mer almenpraktisk bilde av eutrofiutviklingen i Mjøsa siden begynnelsen av 1900-tallet.



*Næringsfattig, klart vann,
stener etc. ubevokst*

*Næringsrikt, grumsete vann,
periodevis ubehagelig
lukt, slimete stener etc.*



I takt med urbanisering, industrialisering og innføring av moderne driftsformer i landbruket, har Mjøsa de siste 20-30 år blitt sterkt forurenset. Hovedproblemet er store tilførsler av næringsstoffer, spesielt fosfor, som fører til en kraftig vekst av alger.

I dag er eutrofieringen mest fremtredende i Mjøsas sentrale partier og særlig i områdene omkring Gjøvik, Hamar og Furnesfjorden. Dette gjør seg spesielt gjeldende i sommerperioder med lite vind, mens perioder med kraftigere og langvarig vindpåvirkning fordeler algene over større områder.

Minst berørt er i dag den aller nordligste delen samt området syd for Tangen. I det første tilfelle er det i hovedsak innflytelse av Lågen som reduserer påvirkningen. Her øker algeforekomsten vesentlig, særlig på sensommeren - høsten når vannføringen i Lågen avtar (mindre fortykning og breslampåvirkning).

I Mjøsas sydlige deler er forurensningsbelastningen fra de omkringliggende områder relativt beskjedne. Forholdene her er derfor først og fremst en funksjon av utviklingen i de øvrige deler av Mjøsa. Algemasser og næringssalter som produseres/tilføres i mer sentrale og nordlige deler, føres til sine tider sydover med vind og strøm.

Forurensningsårsaker og tidligere forurensningstilstand

Årsaken til eutrofiutviklingen i Mjøsa var en stadig økende tilførsel av næringssalter og andre vekstfremmende stoffer. Laboratorieforsøk med algekulturer har vist at det var fosfor som i denne sammenheng hadde størst betydning. Fosfor var vekstbegrensende for algene, og tilførsler av fosfor ville derfor stimulere algeveksten. Ved siden av den mer direkte effekt som en økt fosfortilførsel hadde, bidro den også til mer indirekte å øke algeproduksjonen. Dette har sammenheng med økt bakterievekst, som forårsaker dannelse av vekstfremmende stoffer. Dessuten påskynder bakteriene nedbrytningen av døde alger så vel som annet organisk materiale, hvorved fosfor blir frigjort (remineralisering).

Fosfortilførselen utgjorde i begynnelsen av 70-årene en belastning på i overkant av 1 gram P/m² innsjøoverflate. Denne belastningen må ses i relasjon til at man på empirisk grunnlag kan vente at en innsjø er truet av en hurtig eutrofiutvikling hvis den årlige fosforbelastningen tilsvarer 0,2 - 0,5 gram P/m² innsjøoverflate. Dette er under forutsetning av at størsteparten av det tilførte fosforet er eller blir tilgjengelig for algene. Innsjøens dybde og morfologi, vannets kjemiske sammensetning,

klimatisk og hydrologisk forhold, spiller imidlertid en betydelig rolle i denne sammenheng. Det har nemlig vist seg at store og dype innsjøer i likhet med innsjøer med stor gjennomstrømning tåler høyere belastning (større fortynningsevne, lavere temperatur, kortere vekstsesong m.m.) enn grunne. Kalkrike vannforekomster er videre mindre følsomme enn kalkfattige. Mjøsa må betraktes som kalkfattig.

På empirisk grunnlag har man for store, dype innsjøer anslått fosforbelastninger på opp til $0,6 \text{ g P/m}^2$ innsjøoverflate og år som den høyeste limnologiske akseptable. Man anser en belastning av størrelsesorden $1,2 \text{ P/m}^2$ og år som særlig alvorlig. Tar man hensyn til vannmassenes teoretiske oppholdstid, bør fosforbelastningen i Mjøsa ikke overskride 150-175 tonn P/år (ca. $0,5 \text{ g P/m}^2$ innsjøoverflate og år) hvis tilfredsstillende forurensningstilstander og økologisk balanse skal oppnås.

Konklusjonen på dette er at den fosforbelastning Mjøsa tidligere var utsatt for, hadde nådd en størrelse som lå betydelig over den kritiske grense for hurtig eutrofiutvikling. Belastningen nærmet seg eller hadde for visse områder nådd den størrelse da en særlig hurtig eutrofiutvikling kunne ventes. Av vesentlig betydning i denne sammenheng er, som tidligere nevnt, i hvilken grad tilført fosfor kan brukes av algene. Et fosforbudsjett kan i og for seg aldri helt forklare årsak/virkning i eutrofisammenheng. Det er først når man legger biologiske aspekter på de ulike fraksjoner av fosforbidragene, at man kan få en mer riktig forståelse av de forskjellige aktivitetens betydning i denne sammenheng (laboratorieforsøk ved algetester og tidligere erfaring er viktige hjelpemidler). Faktorer som har stor betydning er:

- I hvilken form (kjemisk sett) tilføres fosforet.
- Diffus kontra mer konsentrert tilførsel.
- Kontinuerlig eller tidsbegrenset utslipp.
- Til hvilke årstider tilførselene skjer.
- Hvilke vannmasser som blir berørt.
- Fosforbelastningens størrelse i forhold til vannutskifting.
- Innsjøens økologiske tilstand.

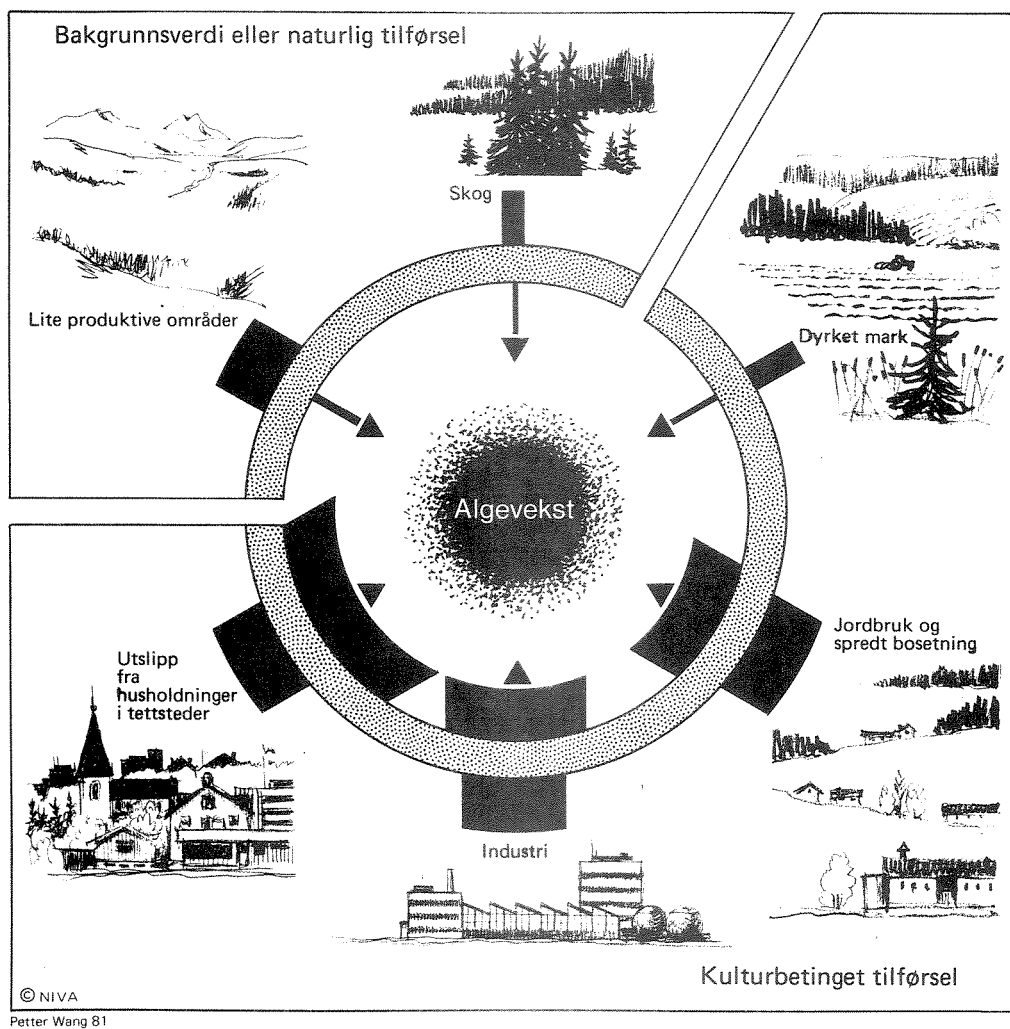
Dette må ses i relasjon til at algeveksten er begrenset til de øverste vannlag (produksjonssjiktet), at algene bare kan assimilere (ta opp) fos-

for som er løst i vann (PO_4^{4-} -P), at algeveksten i første rekke, hva energi- og næringssalttilførsel angår, bestemmes av tilførslene pr. tidsenhet. En tilsynelatende høy næringssaltkonsentrasjon (basiskonsentrasjon) i vannmassene ved begynnelsen av produksjonsperioden kan snart bli oppbrukt og begrense fortsatt vekst. Ved kontinuerlig utslipp av kloakkvann får algene derimot konstant tilførsel av vekstfremmende stoffer (fosfor, nitrogen m.fl.). Generelt sett kan man vente en betydelig algeoppblomstring hvis man i begynnelsen av vegetasjonsperioden har en tilgjengelig fosforkonsentrasjon på 10 μ g/l eller derover selv om ingen ytterligere tilskudd kommer til. Ved lavere fosforkonsentrasjoner er algeproduksjonen for en stor del avhengig av ytterligere fosfortilskudd hvis noen større algeoppblomstring skal oppstå. Her kan nevnes at Mjøsas vannmasser tidligere hadde en løst fosfat/fosfor-konsentrasjon på ca. 5 μ g i begynnelsen av vekstsesonen (vårsirkulasjonen)- Det var derfor her nødvendig med ekstra tilskudd for kontinuerlig å kunne underholde en stor algevekst-

Hvis man ut fra et mer biologisk perspektiv betrakter fosforbudsjettet (se fig.), kan man konstatere at tilførselen fra lite produktive områder (70 tonn/år), i dette tilfelle fjellområdene i øvre deler av nedbørfeltet, tross sin størrelse og tidspunkt da den største tilførsel skjer, har liten betydning for algeveksten. Dette har sammenheng med at størstedelen av fosforet i dette tilfelle er bundet (apatittfosfor), og således lite tilgjengelig for algene, noe som også er dokumentert ved algetester.

Fosfortilførselen fra skogsområdene kan til en viss grad være direkte tilgjengelig, men hovedmengden er som regel bundet til humuspartikler og annet organisk materiale og derfor i første omgang lite tilgjengelig for alger. Tilførselen er videre ikke konstant, men hovedsakelig lagt til våren (snøsmeltingsperioden) og i noen grad til høsten i forbindelse med større nedbørmengder. For et naturlig, ikke påvirket vassdrag, er denne tilførsel fra skogområder av tildels stor betydning, men med stigende menneskelig påvirkning minsker dens relative andel. Innvirkningen av sur nedbør så vel som moderne skogbruk, har i betydelig grad forandret utvaskingsmønsteret av fosfor fra skogområdene.

Tilførsel fra jordbruksområder (avrenning fra åker og eng) høyner fosforbelastningen ved å tilføre nedbørfeltet ytterligere fosfor (andre næringssalter) via bl.a. kunstgjødsel. Fosfor blir i motsetning til nitrogen



normalt effektivt bundet til jordsmonnet både kjemisk via metaller og via adsorpsjon til jord og humuspartikler. Særlig er leirpartikler viktige i denne sammenheng. En betydelig utvasking av jordbundet fosfor (via erosjonsmateriale) skjer særlig under vårmeltingen og ved større nedbørmengder i tidsperioder da jordområdene ligger bare. Økt anvendelse av bløtgjødsel samt spredning av denne på frossen mark i til dels brattlendt terreng (Gudbrandsdalen, områder omkring Mjøsas nordligste deler) var tidligere av stor betydning. Under selve veksts sesongen er utvasking som regel liten da vegetasjonen effektivt hindrer erosjon på grunn av sin jordstabiliserende effekt. Fosfortilførsel via erosjonsmateriale har antakelig ikke i første omgang så stor direkte effekt for algene, men på lang sikt vil fosforkonsentrasjonen i bunnsedimentene så vel som i vannmassene forøvrige, bygges opp. Ved en økt eutrofiering med O_2 -reduksjon i bunnområdene vil denne tilførsel derfor kunne få en stadig større betydning.

Diffuse tilførsler er bl.a. overflateavrenning fra tettsteder, kloakkavrenning fra spredt bebyggelse, siloavrenning, avrenning fra dyrestaller, fosfortilførsel via nedbør osv. Dette er en samling aktiviteter som til dels har stor betydning i eutrofieringssammenheng ved at de bidrar med betydelige mengder direkte assimilert fosfor. Videre forekommer de til en viss grad som punktutslipp med høy konsentrasjon, (eksempelvis silopressaft og utsig fra større dyrestaller). I forbindelse med stadig tiltakende luftforurensning har fosforbelastningen via nedbøren økt. Ved utbygging av bedre dreneringssystemer i jordbruksdistrikter tilføres nå vassdragene i betydelig høyere grad mer diffuse forurensninger fra spredt bebyggelse. Indirekte effekter som f.eks. økt utløsning av fosfor fra bunnsedimenter i bekker og elver i forbindelse med silosaftbelastning og medfølgende oksygen-brist må også nevnes her.

Den fosforkilde som uten tvil har spilt størst rolle i eutrofieringssammenheng, er kommunalt avløpsvann. Fra byene og de større tettsteder tilførtes Mjøsas overflatelag på denne måte daglig betydelige fosformengder (ca. 0,1 - 0,2 tonn) hvorav en stor del var direkte tilgjengelig (assimilerbart) for algene. Siden begynnelsen av 50-årene er det blitt stadig større bruk av fosfatrike produkter i husholdningsarbeidet.

Dette har stor betydning ved at eksempelvis vaskemidlenes polymere fosfater hurtig spaltes hydrolyttisk til orto-fosfat (PO_4^{4-} -P).

Ved siden av at kloakkvannet inneholder store mengder fosfor og nitrogen, inneholder det også andre vesentlige elementer som begunstiger algevekst.

Tilførselen fra industribedrifter er i denne sammenheng vanskeligere å vurdere, og hver industriaktivitet må behandles for seg. Stort sett kan det imidlertid sies at industriaktiviteter med kontinuerlig utslipp av direkte assimilert fosfor, som f.eks. tidligere var tilfelle med Metalembalage A/S i Ottestad, har til dels stor direkteeffekt. Treforedlingsindustriens (spesielt celluloseindustrien) kontinuerlige bidrag består i første rekke av organisk bundet fosfor som umiddelbart er lite tilgjengelig for algene. På lengre sikt kan imidlertid dette bidrag være vesentlig. Tilførsler av store mengder organisk materiale kan indirekte øke fosfortilskuddet ved å skape oksygenfrie bunnområder, hvorved fosforet løses ut fra sedimentene. En annen faktor som nedsetter utslippenes

direkte effekt, er at fosforkonsentrasjonen normalt er lav på grunn av de store vannmengder som anvendes.

Potetindustrien er i denne sammenheng av stor betydning dels ved stort fosforbidrag og dels ved bidrag med en rekke andre komponenter som er viktige for algevekst. Produksjonstidspunktet (høst/vinter) bidrar imidlertid til å begrense den mer direkte effekt av disse utslipp.

Konklusjonen på dette må være at de mest akutte forurensningskildene i denne sammenheng var de større kloakkutslipp, men også industri og jordbruksaktiviteter bidrog i høy grad både når det gjalt løst fosfat-fosfor og organisk bundet fosfor som senere kunne omdannes og derved virke stimulerende på algeveksten.

Viktige naturgitte faktorer som ved siden av næringssaltene og rent biologiske faktorer, påvirker algefloraens sammensetning, fordeling og produksjonsforhold er:

- Temperatur
- Lystilgang
- Turbulensforhold
- Gjennomstrømning

De ulike faktorene er imidlertid intimt knyttet til hverandre, og det er i praksis vanskelig å fremholde en faktor uten å berøre de andre. Temperaturen er en faktor av stor biologisk betydning ved at den påvirker samtlige metaboliske prosesser, såvel anaboliske som kataboliske. Temperaturen påvirker algenes delingshastighet (veksthastighet hos bestanden) og assimilasjonsaktivitet. Når temperaturen øker, skjer celledeling oftere samtidig som assimilasjonsaktiviteten øker. Stigende temperatur stimulerer også bakterieaktiviteten (nedbrytning av organisk stoff). Derved frigjøres viktige næringsstoffer og andre vekstfremmende stoffer. På forsommeren virker lav temperatur dempende på produksjonen, og mer påtakelig algeforekomst får vi først når temperaturen er nådd ca. 7-8°C. Betydelig algeproduksjon (400-2000 mg C/m² og døgn) fikk vi tidligere i Mjøsa først når temperaturen i overflatevannet var > 10 °C. Som regel skjer det ikke noen markert algeproduksjon før temperaturen er over 12°C. Likevel kan biomasse og antall individer være av betydelig størrelse selv ved lavere temperatur (spesielt gjelder dette om våren).

Ikke bare algesamfunnets størrelse og produksjon påvirkes av temperaturen, men også dets sammensetning. Mange vår- og forsommerformer opptrer også om høsten - noe som sannsynligvis også beror på temperaturen. Av stor betydning i denne sammenheng er at mange av de blågrønne algearter som danner generende vannblomst i mer høy-eutrofe innsjøer, krever relativt høye temperaturer før masseutvikling inntreffer (som oftest $\geq 17^{\circ}\text{C}$, ca. 20°C for *Microcystis* spp.). Blågrønnalgeblomstringer av større omfang forekommer ikke i sjøer med middeltemperatur under 11°C . *Oscillatoria rubescens* (eventuelt også andre *Oscillatoria*-arter) er her et unntak, idet den i naturen som oftest er en kaldtvannsform (optimal temperatur omkring 4°C). Som regel ligger overflatetemperaturen i størsteparten av Mjøsa på omkring 17°C på høysommeren, og det er bare på varme og stille dager i juli og august vi har temperaturer på over 20°C . Ut fra det som er nevnt ovenfor, kan det konstateres at høye temperaturer forsterker algeutviklingen, mens lave temperaturer tjener som en dempende faktor. Med unntak av spesielt ekstreme temperaturer er likevel temperaturen i seg selv ikke den avgjørende faktor for algesamfunnet. Som regel er kjemiske og biokjemiske faktorer av større betydning i denne forbindelse, dvs. nærings-saltene og deres omsetningshastighet.

På grunn av stort dyp og stort vannvolum i forhold til overflaten, oppvarmes Mjøsas vannmasser langsomt. Vårsirkulasjonen er lang og gjennomgripende. Dette har stor betydning når det gjelder å fortynne og spre tilførte forurensningsstoffer. Vekstsesongen for mer varmekrevende alger blir også derved forkortet, mens vilkårene for vår og forsommer-former er gode (gjelder bl.a. de pennate (stavformete) kiselalgene).

En meget viktig faktor i denne sammenheng er dannelsen av et sprangsjikt. Når sprangsjiktet først er etablert, skjer en hurtig oppvarming av de øvre vannlag ved at den termiske lagdelingen effektivt stenger ute kontakten med vannmasser på større dyp.

Et velutviklet sprangsjikt bidrar videre til at det vannvolum som tilføres næringsalter, reduseres sterkt. Sprangsjiktet befinner seg i sommerperioden på omkring 15-20 m dyp, og dette skulle således teoretisk sett medføre at det vannvolum som på denne tid påvirkes av forurensningstilførsler, bare utgjør ca. 10% av det totale volum.

Konsentrasjonen av viktige næringsalter, som f.eks. fosfor, øker på denne måten på grunn av mindre fortykningseffekt. Samtidig øker omsetningshastigheten (turn over time) dels på grunn av økt bakterieaktivitet (høyere temperatur) og dels ved at en større del av døde alger og annet organisk materiale holdes tilbake i de øvre vannlag. Dette gjelder også i høy grad levende alger som får større tilgang på lys. Vinden kan lett og effektivt skyve Mjøsas overflatelag over store områder av innsjøen (vindindusert overflatestrøm kan nå hastigheter på 0,2 m/s). Derved kan kontinuerlige og konsentrerte næringsaltutslipp f.eks. fra Hamar og Gjøvik hurtig bli transportert til andre, mindre påvirkede områder. Bl.a. av denne grunn kan det til sine tider være betydelig algeproduksjon også i Mjøsas sørlige områder hvor forurensningsbelastningen ellers er liten. Strømningsmønsteret i Mjøsa bidrar til at nedsynkende alger blir fordelt over store områder, samtidig som lokale, større algeoppblomstringer reduseres. Det er bare under lengre perioder med stille vær mer arealmessige begrensede fenomener opptrer.

Lågens vannmasser som har lavere næringssaltkonsentrasjoner når det gjelder biologisk tilgjengelige næringsalter enn vannmassene i Mjøsa (spesielt markert under flom), har en fortynnende innvirkning. Dette medfører at algene på grunn av Lågen-vannets innblanding, får mindre tilgang på bl.a. fosfor, og algeveksten vil på denne måten hemmes. Den største og mest fremtredende effekt har man i den nordlige delen av Mjøsa (nord for Gjøvik). Mjøs vannets temperatur, spesielt overflatetemperaturen, og dannelsen av et sprangsjikt, er av fundamental betydning ved at de vannmasser som blir påvirket av Lågen, reduseres vesentlig volummessig sett, i motsetning til om Lågenvannet skulle blandes inn i hele Mjøs vannmasser. Videre kommer en betydelig del (ca. 60% i tidsrommet juni-august) av den totale årsavrenning nettopp i den periode da Mjøsa har en termisk lagdeling. Derved øker Lågenvannets fortynnings- og utspylingssevne betraktelig. Denne påvirkning skjer nettopp i de vannlag der den største algevekst og biologiske aktivitet foregår og hvor man samtidig har den største forurensningstilførsel. Spesielt under flomsituasjoner får Lågenvannet en gjennomgripende effekt for hele Mjøsas øvre vannlag.

Om våren er Lågenvannet varmere enn Mjøs vannmasser og bidrar i denne tidsperioden til å varme opp Mjøsas øverste vannlag. Dette er særlig markert i den nordlige delen og bidrar til å bygge opp et sprangsjikt.

Under høy- og sensommeren og høsten er imidlertid Lågenvannet kaldere enn Mjøsas øverste vannmasser og vil derved virke som en dempende effekt når det gjelder oppvarmingen av de øverste vannmasser. Dette er spesielt tilfelle i vindfulle perioder som bevirker større turbulens i det øverste vannlaget og dermed medvirker til en effektiv innblanding av Lågenvannet. Under lengre perioder med stille og varmt vær, kan vi til tross for Lågens innvirkning, få høye temperaturer i det øverste vannlag. Dette beror på at Lågenvannet i denne perioden i hovedsak bare påvirker den nedre delen av vannmassene som ligger over sprangsjiktet (epilimnion), og således i mindre grad berøre de aller øverste sjikt.

I slike perioder, særlig når vannføringen i Lågen er liten, er forholdene gunstige for algeproduksjon, og det kan oppstå mindre oppblomstringer av blågrønnalger. Totalt sett har imidlertid Lågen også i dette tilfelle en temperaturdempende effekt på vannmassene over sprangsjiktet.

Om høsten når Lågenvannet avkjøles hurtigere enn overflatevannet i Mjøsa, har det en mer direkte avkjølende effekt. Vannføringen er i denne perioden normalt liten, og dette reduserer avkjølingseffekten. Disse forhold gjør seg først og fremst gjeldende i den nordlige delen av Mjøsa, og bidrar bl.a. til å påskynde islegging. Et markert skille synes i denne sammenheng å gå i området utenfor Moelv.

På grunn av at store varmemengder lagres i Mjøsa i løpet av sommeren, samt at vindpåvirkningen (høst og vinter) stadig bidrar til å føre varmere vann fra dypere lag til overflatelagene, får vi en meget lang og gjennomgripende høstsirkulasjon og vintersirkulasjon. Bortsett fra i Mjøsas nordlige deler og de innerste deler av Furnesfjorden, legger isen seg sent, og da i forbindelse med lengre perioder med stille og kaldt vær, gjerne i kombinasjon med snøfall. Visse år skjer det ingen islegging i det hele tatt, og vi får derved en omblending av vannmassene i løpet av hele vinterperioden.

Dette er av stor betydning i forurensningssammenheng ved at man i lengre perioder får en effektiv innblanding av tilførte forurensningsstoffer i betydelige vannmasser, og konsentrasjonsnivået blir dermed lavt. Videre tilføres de dypere bunnområdene betydelige oksygenmengder, noe som ikke er tilfelle under lengre stagnasjonsperioder. Den markerte oksygenreduk-

sjonen i de dypere vannmasser i de nordlige deler så vel som i de indre delene av Furnesfjorden, der isleggingen inntreffer tidlig, indikerer dette. På grunn av den korte isleggingsperioden avkjøles store vannmasser effektivt i løpet av vinteren, og våroppvarmingen kommer sent.

Isleggingsperiodens lengde er av betydning, ikke bare når det gjelder tilførselen av oksygen til bunnområdene samt medvirkning til nedkjøling av vannmassene, men også når det gjelder konsentrasjonen av tilførte næringsalter. Isleggingen medfører at vindes innvirkning uteblir, og strømningsmønster og turbulensforhold endres radikalt. Dessuten vil Lågenvannet bare berøre de øverste vannlag (like under isen), samtidig som dens innvirkning reduseres betydelig på grunn av lav vintervannføring. Dette medfører at forurensningsutslippene får mer lokal virkning. Bl.a. vil områder lokalt i enkelte regioner bli sterkt anrikt med næringsalter. Furnesfjorden er et eksempel på et område der dette er spesielt markert. De markerte algeoppblomstringer som fant sted på forsommeren 1972 og 1976, kan i stor grad være en funksjon av dette i kombinasjon med en varm og vindfattig værtype utover våren. Derved ble Furnesfjordens øverste vannlag hurtig oppvarmet samtidig som næringssaltkonsentrasjoner (basiskonsentrasjoner) i denne delen av Mjøsa var spesielt høy.

Sollyset er av avgjørende betydning for algene og utgjør selve energikilden for fotosynteseprosessen. Lyset er en begrensende faktor bare på større dyp under sommerperioden. I forbindelse med et velutviklet sprangsjikt, store algemengder, særlig oppblomstring av blågrønnalger i overflatelagene, vil lystilgangen til de dypere partier bli begrenset. På grunn av små gassvakuoler (gassblærer) hos blågrønnalger, kan disse akkumuleres i overflatelagene - turbulensen vil ha liten innflytelse i dette tilfelle. Høy turbiditet (stort annet partikkelinnhold) bidrar til å redusere lystilgangen på grunn av lysabsorpsjon og stor refleksjon. Dette forhold finner vi som regel i humusrike og/eller leire- eller breslampåvirkede vannforekomster. I Mjøsas øverste vannlag er lystilgangen god under sommerperioden, og den er neppe noen vekstbegrensende faktor utenom perioder med stor breslamtilførsel. Det er særlig den nordlige delen av Mjøsa som er utsatt i denne sammenheng.

Breslampartiklene tjener også som adsorpsjonskjerne for bl.a. løst fosfor. Adsorpsjonsevnen bestemmes foruten av kjernens størrelse og sammen-

setning også av den adsorberende mengde kontra mengden i løsning, dvs. at høy fosfatkonsentrasjon resulterer i høy fosfatadsorbsjon. Når den løste fosfatmengden i vannet er lav, skjer en utløsning av fosfor fra adsorbsjonskjernene.

Det er særlig innenfor de nordlige områder - fra Lillehammer og sydover til Moelv - Gjøvik - man kan regne med betydelig fosfatadsorbsjon via breslammet. Dette forsterker ytterligere Lågenvannets fortykningsevne kontra algenes fosfatassimilasjon selv om adsorbsjonsevnen i dette tilfelle er liten. Videre må man regne med en viss sedimentasjonseffekt, dvs. breslampåvirkningen kan nærmest sammenliknes med et kjemisk renseanlegg.

Storparten av breavsmeltingen skjer i perioden juli/september, dvs. noe senere enn selve snesmeltingen i høyfjellet. En mindre vannføring (dvs. mindre fortykningsevne) i denne tidsperioden blir i noen monn oppveid av større breslampåvirkning. Breslamtilførselens størrelse varierer med varierende klimatiske forhold fra år til år.

Gjennomstrømningen har stor betydning når det gjelder transport av så vel alger som næringssalter og andre forurensningskomponenter fra et innsjøområdet til et annet, og også når det gjelder transporten ut av Mjøsa totalt sett. Særlig i forbindelse med den første vårflommen, når Lågenvannet direkte påvirker selve innsjøoverflaten, er denne effekt særlig fremtredende. Dette har bl.a. stor betydning når det gjelder å spre organiske stoffer til store bunnområder hvorved belastningen pr. overflateenhet avtar. Videre bidrar Lågens gjennomstrømning i det øverste vannlag til å danne nordgående kompensasjonsstrømmer som ved medrivning etter hvert blandes inn i overflatelagene. Disse kompensasjonsstrømmenes innblanding i de øverste vannlag - noe som skjer i den horisontale kontaktzone Mjøsa-Lågen - har også en avkjølende effekt ved at de tilfører overflatelagene kaldere vannmasser fra de dypere lag. Dette er særlig markert under flomsituasjoner. Mulighet for økt tilførsel av næringssalter fra dypere vannlag foreligger herved.

Blant ytterligere viktige faktorer som kan nevnes i denne sammenheng, er Mjøsas topografi og store dyp (middeldyp 153 m). Dette bidrar til at man i relasjon til det algeproduserende sjikt får store bunnområder,

hvorved belastningen pr. overflateenhet innsjøbunn reduseres betraktelig. Dette er særlig tilfelle i de sentrale og sørlige delene. Ved at det til dels er bratt bunntopografi, kan raseffekter og ansamlinger innenfor visse partier inntreffe. Stort sett er imidlertid belastning pr. tidsenhet og overflateenhet liten i disse områdene, men den har selvfølgelig økt i forbindelse med økt eutrofiering og forurensningstilførsler av organisk natur. Videre må dette ses i relasjon til at vannmassene i de dypere lag er rike på oksygen. Dessuten bidrar den lave temperatur man har gjennom året til at nedbrytningsprosessene går langsomt, slik at oksygenforbruket pr. tidsenhet blir lite. Den største algemengde blir imidlertid nedbrutt i de øvre vannlag.

Innsjøens utforming i kombinasjon med strømningsmønsteret medfører at de sentrale vannmasser mer direkte berøres av forurensningstilførsler. Dessuten finnes ikke viker og beskyttede områder. De eneste områder som i dag i mindre grad påvirkes av de sentrale vannmassene, er Akersvika og i noen grad den innerste delen av Furnesfjorden nord for Framnesbrua samt indre Tangenvika. Mer beskyttede viker og "skjærgårdspartier" utgjør normalt effektive buffersoner, hvorved de sentrale partier blir mindre påvirket. Mangel av mer beskyttede områder bidrar likevel til at mer utpregede lokaleffekter ikke oppstår. Det var bare i Akersvika man tidligere hadde ekstremt høy algeforekomst av lokal karakter.

Det kan også være av en viss interesse å merke seg at det ikke finnes innsjøer i nedre deler av tilløpselvene (unntak Vikselva). Innsjøer er som regel effektive fosforfeller og tjener således som buffersoner for vassdraget nedenfor.

Det er altså en rekke naturgitte forhold som i vesentlig grad reduserer og demper forurensningsutviklingen i Mjøsa. De viktigste kan sammenfattes i følgende tre punkter:

- Liten overflate i forhold til vannvolum og dyp (stor fortynningskapasitet, lange og gjennomgripende sirkulasjonsperioder, sen oppvarming og dannelse av sprangsjikt, store oksygenreserver, innsjøens dybde og utforming medfører liten belastning pr. flateenhet av bunnområdene, og bidrar til at bare små bunnarealer er i direkte kontakt med det produserende vannlag.

- Innsjøens utforming skaper spesielle og markerte strømningsforhold som ytterligere forsterker fortynningsevnen.
- Stor vannføring i Lågen sommerstid (stor fortynningsevne, stor utspyling av alger og næringsalter, nedsatt oppvarming av de øverste vannlag, stor turbiditet - nedsatt innstråling, breslamets adsorpsjonsevne m.m.).

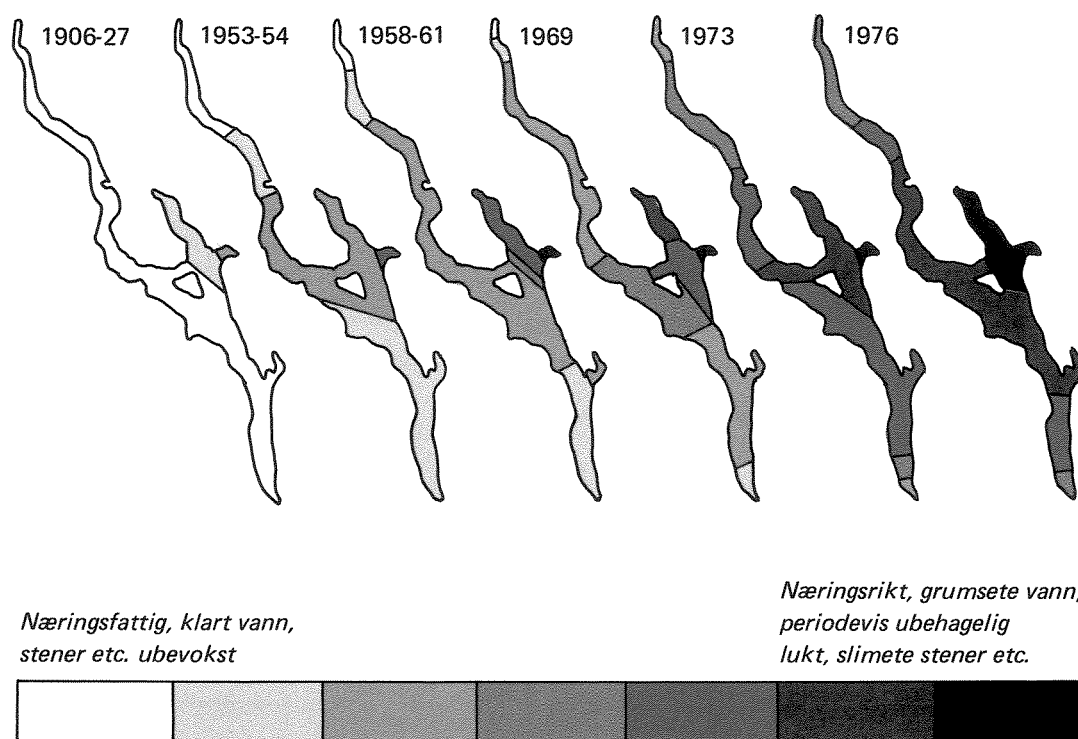
Mjøsaaksjonen, bakgrunn og gjennomføring

MJØSAKSJONEN, BAKGRUNN OG GJENNOMFØRING

Kontinuerlige undersøkelser i Mjøsa over lang tid er ikke gjennomført, men på grunnlag av:

- tidligere undersøkelser (Holmboe 1900, Huitfeldt-Kaas 1906, 1916 1946, Strøm 1921, Braarud et al. 1928, Lindstrøm et al. 1973)
- intervju-undersøkelser av folk som i lengere tid har vært i kontakt med innsjøen, som f.eks. fiskere og hytteeiere
- det materiale som er samlet inn i forbindelse med Mjøsundersøkelsen (1971-1980)

er det mulig å gi et noenlunde sammenhengende bilde av eutrofiutviklingen i innsjøen siden begynnelse av dette århundre.



I takt med urbanisering, industrialisering og innføring av moderne driftsformer i landbruket, har Mjøsa de siste 20-30 år blitt sterkt forurenset. Hovedproblemet er store tilførsler av næringsstoffer, spesielt fosfor, som fører til en kraftig vekst av alger.

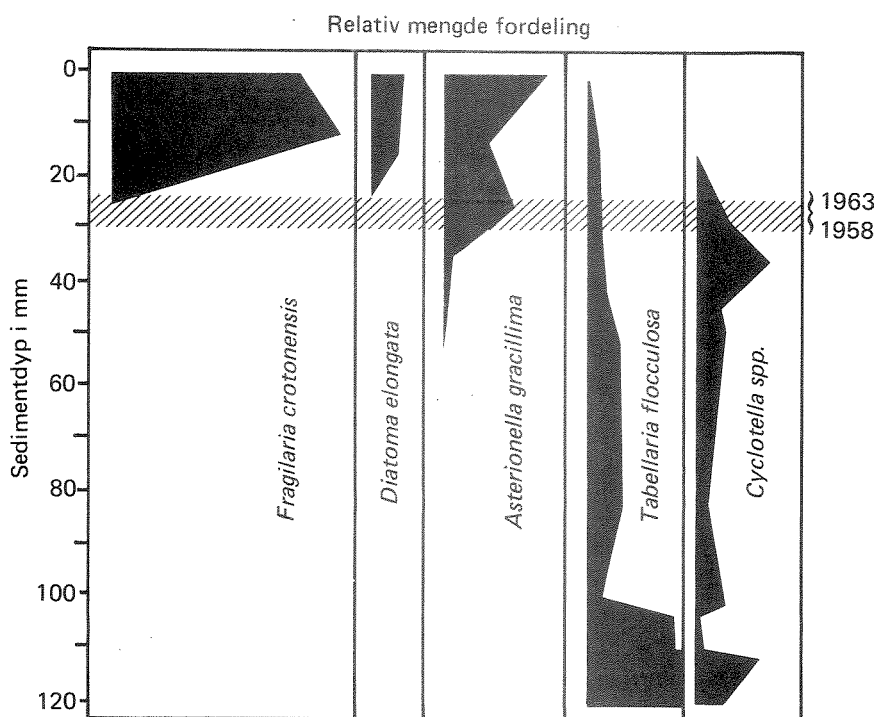
Selv om Mjøsa i begynnelsen av det 19. århundrede hadde en klar oligotrof karakter med klart vann og rene og lite begrodde strender, har innsjøen sannsynligvis vært noe næringsrikere enn andre store norske fjordsjøer. Betydelige forekomster allerede i begynnelsen av 1900-tallet av kiselalgene *Asterionella* og *Melosira* og rikt fiske med en avkastning på omkring 3-4 kg/ha skulle bekrefte dette. Områdene omkring Hamar synes å ha vært mest produktive, og dette området kunne muligens allerede i begynnelsen av dette århundret betegnes som oligo-mesotrof. Trolig kunne det her til sine tider i samband med "kiselalgeoppblomstring" forekomme algemengder opp mot 1 g/m^3 , mens algemengden i Mjøsa forøvrig lå godt under 1 g/m^3 . Såvel algesamfunnet som dyreplanktonet savnet på dette tidspunkt typisk eutrofi-indikerende arter. Visse år oppstod det gjerne omkring midtsommer rent lokalt mindre "algeoppblomstring" av grønnalgen *Botryococcus* som kunne ansamles i betydelige mengder i grunnere bukter. Disse algeansamlinger synes ført og fremst å ha forekommet i Furnesfjorden. Mjøsa ble på dette tidspunkt tilført ca. 120 tonn fosfor (ca. 17-25% via menneskelig aktivitet) pr. år og midlere fosforinnhold i innsjøen har antakelig vært ca. 5 mg/m^3 .

I perioden frem til slutten av 40-årene synes det ikke å ha skjedd noen større biologiske forandringer i de sentrale delene av Mjøsa selv om fosforbelastningen økte til opp mot 200 tonn pr. år, ca. halparten av tilførselen kommer nå fra menneskelig aktivitet. Siden 30-årene ble kiselalgen *Asterionella* og blågrønnalgen *Anabaena* vanligere i Furnesfjorden og områdene omkring Hamar. Økte algemengder og nedsatt siktedyp ble mer markert i slutten av perioden. I Akersvika var det mindre algeoppblomstring av *Anabaena* i slutten av perioden.

Den første mer markerte forandring synes å ha skjedd i begynnelsen av 50-årene. Vannet ble stadig mer vegetasjonsfarget og siktedypet ble drastisk forandret først og fremst på grunn av store mengder av kiselalgen *Asterionella*. Anslagsvis har algemengden ligget i området $1-3 \text{ g/m}^3$ og fosforinnholdet nådde opp til ca. $7-8 \text{ mg/m}^3$. *Anabaena*-forekomsten ble stadig vanligere over store deler av innsjøen og strendene fikk en markert grønn bård av grønnalgen *Ulothrix* som tidligere forekom bare lokalt i større mengder. Store deler av de sentrale delene av Mjøsa kan nå nærmest betraktes som oligo-mesotrof.

I løpet av 60-årene økte fosforbelastningen hurtig. Nå økte algemengden betydelig såvel langs strendene som i de frie vannmasser, og samtidig dukket det opp nye og mer næringssaltkrevende planktonalger som f.eks. kiselalgene *Fragilaria crotonensis*, *Diatoma elongatum*, *Stephanodiscus* spp. og *Melosira granulata* var. *angustissima* samt blågrønnalgen *Oscillatoria*. Sommeren 1963 hadde *Anabaena* sin første store oppblomstring i Furnesfjorden og i områdene utenfor Hamar. Overflatevannet i store deler av Mjøsa ble på forsommeren klart vegetasjonsfarget og det luktet til sine tider ille langs strendene samtidig som siktedypet ble ytterligere redusert. Trolig lå de maksimale algemengder i området 4-5 g/m³ på dette tidspunkt, og Mjøsa fikk en stadig mer mesotrof karakter.

Etter at det sommeren 1969 var store algeforekomster bl.a. visuelt av *Anabaena* i Furnesfjorden og utenfor Hamar, kom på høsten den første oppblomstringen av blågrønnalgen *Oscillatoria*. På sensommer og høst 1970,



Kiselalgenes skall blir som regel godt bevart i sedimentene. Ved paleolimnologiske sedimentanalyser kan de ulike utviklingstrinn spores. I Mjøsa har det skjedd en påtagelig forandring i sammensetningen av kiselalger først på 60 tallet.

1971, 1975 og særlig 1976 var det store forekomster av denne algen. Fosforbelastningen var nå oppe i ca. 400 tonn pr. år, og Mjøsvannets innhold av fosfor var større enn 10 mg/m³.

Mjøsa har altså gjennomgått en eutrofiutvikling som er nesten klasisk for store og dype innsjøer. I begynnelsen øker forekomsten av pennate (storformede) kiselalger for siden å få mer og mer innslag av blågrønnalger og særlig av slekten *Oscillatoria*. Utviklingsforløpet er beskrevet fra et flertall større innsjøer i den tempererte del av verden.

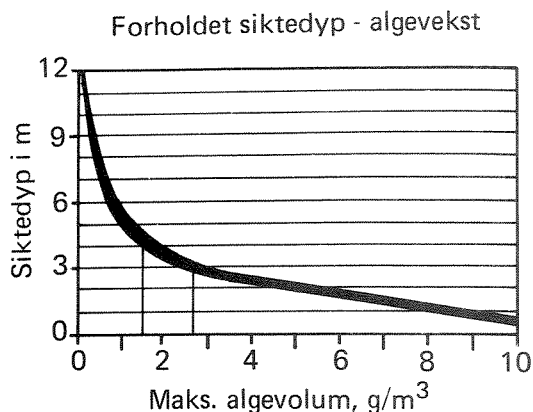
ALGESLEKTER SOM TIL TIDER HAR FORARSAKET "ALGEBLOMSTRING" I MJØSA

De mest fremtredende er understreket.

Period. 1900 - 1920	1930 - 1950	1953 - 1960	1961 - 1968	1969 - 1976
Botryococcus (lokalt)	Asterionella Anabaena (lokalt)	<u>Asterionella</u> Tabellaria Anabaena	<u>Asterionella</u> <u>Fragilaria</u> Tabellaria <u>Anabaena</u>	<u>Asterionella</u> (ikke i 1975 og 1976) <u>Fragilaria</u> Tabellaria Stephanodiscus (lokalt) <u>Anabaena</u> <u>Oscillatoria</u> Aphanizomenon (lokalt, spes. 1969, 1975, 1976)

Hvordan har så folk reagert på eutrofiutviklingen?

I 1871 ble folk på Hamar rammet av en alvorlig tyfusepedemi som siden plaget byens innbyggere i 10 år, og i 1931 ble Gjøvik rammet av en tilsvarende epedemi og 19 personer døde. Dette var påminnelser om det uholdbare i å sammenkople kloakkvann og drikkevann, men det var først i begynnelsen av 50-årene at folk begynte å reagere på selve eutrofisituasjonen og forholdene i innsjøen som helhet. Det folk først la merke til var nedsatt sikt og økende forekomst av trådformige grønnalger langs strendene. Fiskerne reagerte når deres fiskeredskap fikk algebelegg. Det var derfor naturlig at det var fiskeforeningene rundt Mjøsa som var de første som mer offisielt tok opp forurensningsproblematikken. Først i september 1969 fikk folk flest erfare eutrofisituasjonen i Mjøsa for alvor på grunn av dårlig lukt og smak på drikkevannet. Man ble nå klar over nødvendigheten av å gå til mottiltak mot forurensningsutslippene, bl.a. for å beholde innsjøen som råvannskilde. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fikk i oppdrag å utføre en større resipientundersøkelse av Mjøsa, den såkalte Mjøsundersøkelsen, som skulle pågå frem



Alerede en ubetydlig økning av algemengden gir dramatiske forandringer av siktedypet i en klarvannsjø som Mjøsa. Når siktedypet blir mindre enn 3-4 m får man en tydelig tilgrumsing av vannet.

til og med 1976. Deretter skulle undersøkelsesprogrammet skjæres ned til et fortløpende overvåkingsprogram, basert på årlige observasjoner av de viktigste parametre.

Målsettingen for undersøkelsen ble konkretisert på følgende måte:

- Beskrive Mjøsas nåværende biologiske, fysiske og kjemiske tilstand, sammenliknet med andre innsjøer.
- Klarlegge i hvilken grad Mjøsas nåværende tilstand er forårsaket av menneskelige aktiviteter. I den sammenheng vil det være viktig å belyse hvilke forurensningskomponenter som har størst betydning for tilstanden i Mjøsa, f.eks. plantenæringsstoffer, giftstoffer tilført organiske stoff, og betydningen av eventuelle regulerings-tiltak i Jotunheimen.
- Klarlegge de ulike aktivitetens (f.eks. jordbruk, skogbruk og avløpsvann fra industri og husholdning) relative betydning som forurensningskilder.
- Undersøkelsesmaterialet skal danne grunnlag for å forutsi virkningen ved fortsatt og eventuelt utvidet bruk av Mjøsa som resipient for avløpsvann.
- Det forutsettes at planlegging og utbygging av hensiktsmessige forurensningsbegrensende tiltak skal gå parallelt med undersøkelsen. De til enhver tid foreliggende undersøkelsesresultater må brukes som veiledende vurderingsgrunnlag i denne sammenheng.

- Hovedundersøkelsen skal danne grunnlag for et nøkternt, langsiktig kontrollprogram for å følge utviklingen i Mjøsa og dens nedbørfelt. Dette er meget viktig for et effektivt tilsyn med utviklingen i Mjøsa og dens tilløp. Ved en oppfølging av de biologiske, fysiske og kjemiske (økologiske) tilstander vil en skaffe til veie informasjoner om effektiviteten av de tiltak som blir satt i verk.

Sensommer og høst 1970 og 1971 var drikkevannet fortsatt dårlig, men i de påfølgende år ble det noe bedre. Mjøsundersøkelsen som tok til i 1971 kunne snart på mer vitenskapelig grunnlag bekrefte at det var umiddelbart nødvendig å sette i gang tiltak for å redusere forurensningstilførselen, særlig fosfor. Husmødrene omkring innsjøen startet en aksjon for bruk av fosfatfrie vaskemidler. Fra og med 1973 kom planleggingsarbeidet igang for alvor og Stortinget bevilget bl.a. 60 mill. kroner fordelt på perioden 1973-1977 til kommunale renseanlegg.

Høsten 1975 ble drikkevannet igjen dårligere, og på sensommeren 1976 så dårlig at folk ble tvunget til å kjøpe vann på kartong eller hente det fra andre kilder. Da det var på det verste luktet det også av selve Mjøsa, og de som fisket fikk sine redskap fulle av illeluktende grå til lilla-fargede alger.

Det var ikke bare i Mjøsa algeoppblomstringen i 1976 skapte lukt og smak på vannet, men også hele vassdraget nedstrøms ble påvirket av dårlig drikkevann helt ned til Sarpsborg, og i alt ble 200 000 personer berørt. Det var en slik utvikling man hadde håpet å unngå ved den første Mjøsaksjonen, og man ble fra sentralt hold klar over at tiltakene måtte forseres før det oppstod varige skader. Miljøverndepartementet fant det derfor nødvendig å iverksette ytterligere tiltak ved en utvidet og forsert Mjøsaksjon under mottoet "Mjøsa skal reddes". Denne aksjon tok sikte på å redusere fosforbelastningen så langt ned mot 175 tonn pr. år som mulig innen utgangen av 1980. Denne fosforbelastning ble betraktet som akseptabel vurdert ut fra det innsamlede materiale samt empiriske modellbetraktninger (Vollenweiders modeller). Målet var økologisk balanse såvel som et balansert fosforbudsjett, samtidig som de ulike bruksinteressene ikke skulle komme til skade. Da det er situasjonen i Mjøsa som er av størst betydning, ble det også utarbeidet en mer konkret målsetting av normgivende karakter med tallverdier for de viktigste parametrene. En

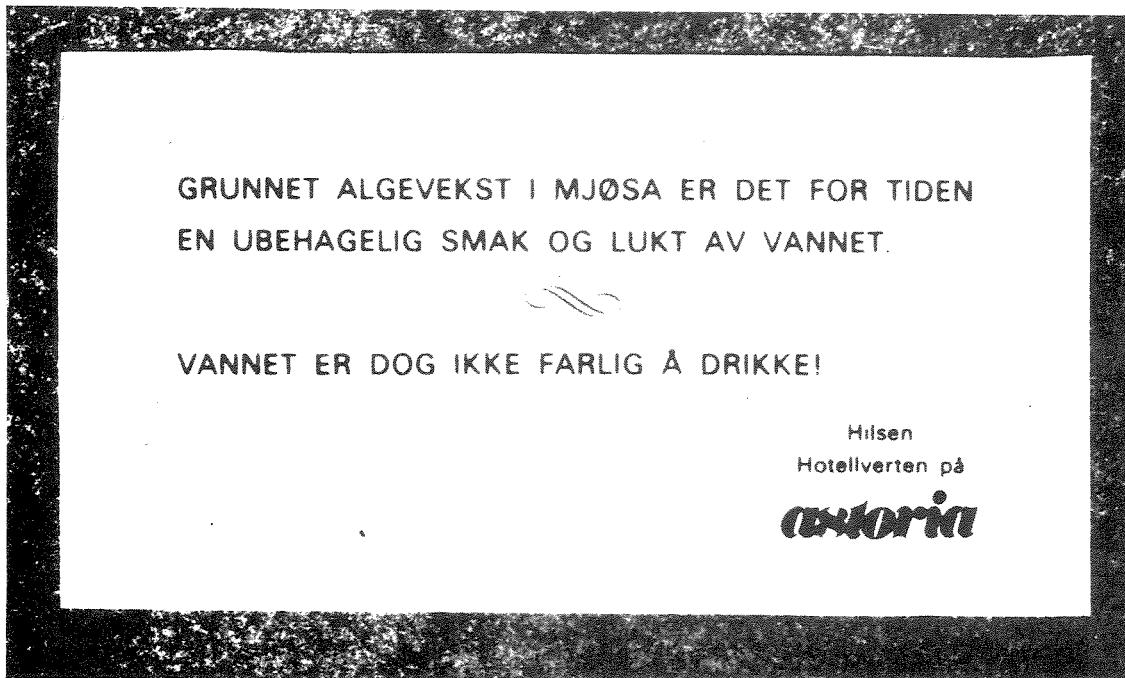


Mjøsvannets dårlige lukt og smak sensommeren 1969 ble godt stoff i lokalavisene og en opinion vokste fram for at noe måtte gjøres.

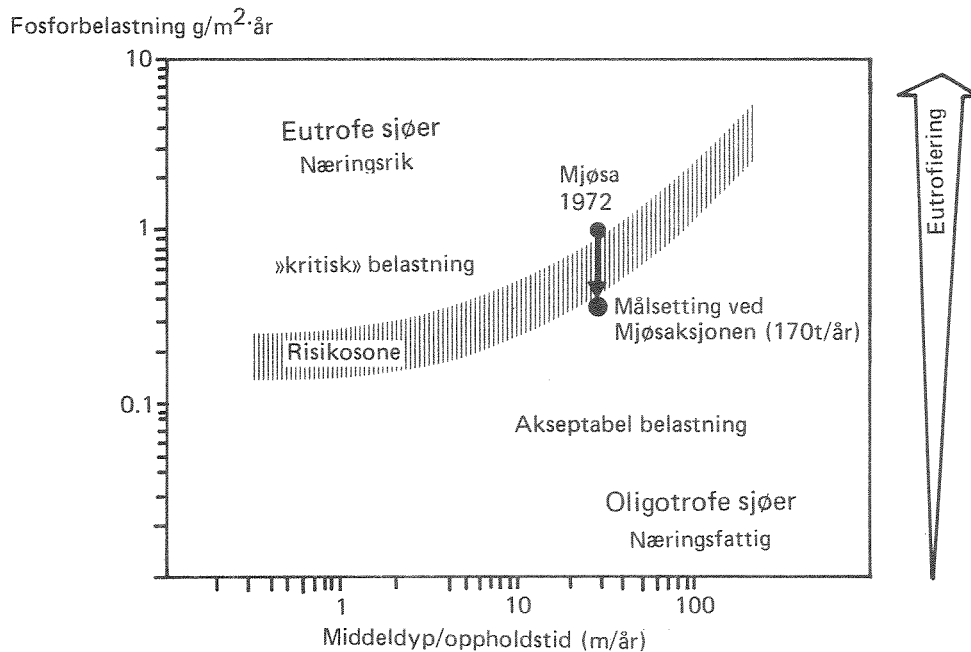
biologisk responsvurdering av de ulike fosforutslipp ble også gjort for at man skulle gjøre en så riktig kost-nytte-betraktning som mulig ved vurdering av de ulike tiltakene.

Mjøsaksjonen

I perioden 1976-1980 ble det iverksatt betydelige forurensningsbegrensende tiltak - de såkalte Mjøsaksjonene - under mottotet "Mjøsa skal reddes" - og i alt har Staten hittil bevilget over 1,2 milliarder kroner. Det er bygd 42 nye kloakkrensaneanlegg og 28 mil. nye kloakkledninger er lagt ved siden av at gamle ledningssystemer er utbedret. Det er også gjort en rekke tiltak i spredt bebyggelse, industri og jordbruk. Dette førte til en umiddelbar biologisk respons i riktig retning i Mjøsa og



Sensommeren 1976 var forholdene spesielt ille og dette berørte drikkevannet for 200 000 personer langs vassdraget helt ned til Sarpsborg

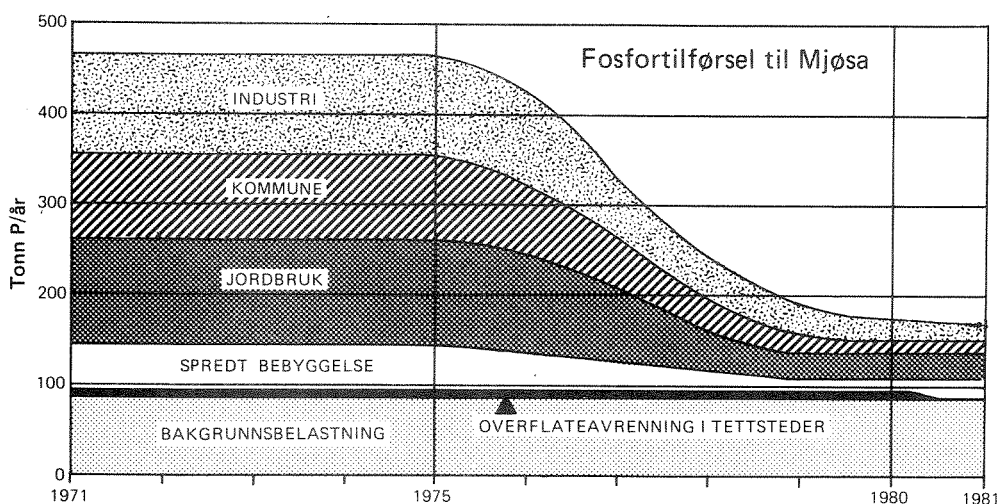
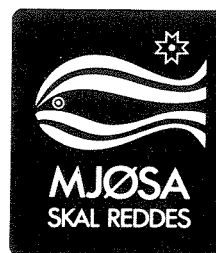


Vollenweiders empiriske modell ble ved siden av data fra Mjøsundersøkelsen brukt som grunnlag for å bedømme hvor stor fosfortillførsel Mjøsa burde kunne tåle.



I sammenheng med Mjøsaksjonen 1973-81 ble betydelige økonomiske midler via statstilskudd stilt til disposisjon for å begrense forurensningen av Mjøsa. Derved har en forhåpentlig tatt vare på en viktig vannressurs.

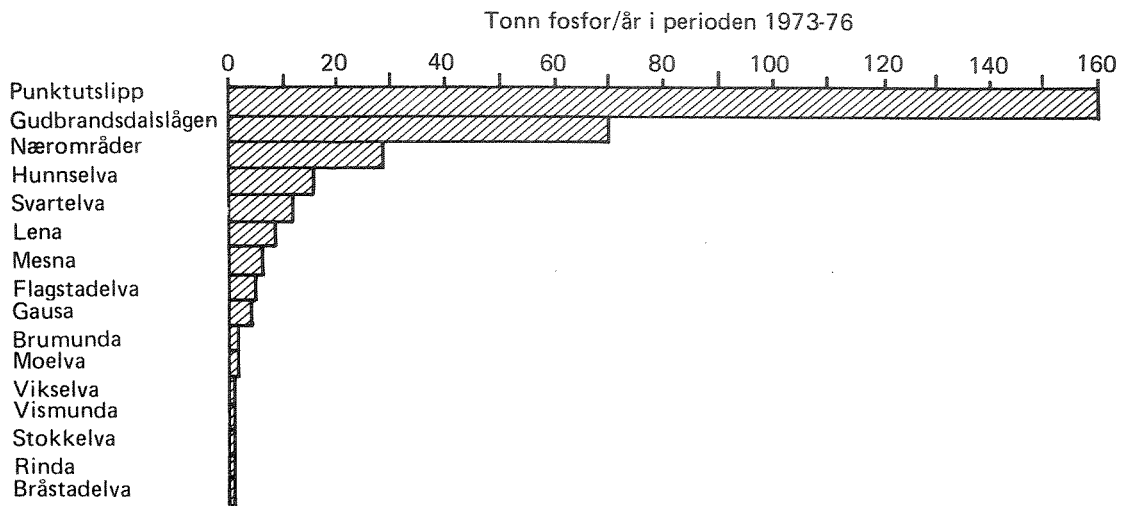
Aksjon Mjøsa The Mjøsa Campaign



Målsetningen for Mjøsaksjonen var å redusere fosforbelastningen på Mjøsa så langt som mulig ned mot 175 tonn innen utgangen av 1980.

dens tilløp. Om tiltakene på sikt får den tilsiktede effekt kan bare fremtiden vise.

Målet for Mjøsaksjonen var å redusere fosforbelastningen på Mjøsa så langt som mulig ned mot 175 tonn pr. år innen utgangen av 1980. På lengre



Fosfortilførselen via punktutslipp direkte til Mjøsa, som kloakkutslippene fra byene, antas og ha stor betydning. Innsjøen tilføres tidligere 0.1 - 0.2 tonn/døgn via denne kilden hvorav en stor del er direkte tilgjengelig for algene.

sikt kan det bli aktuelt med ytterligere tiltak, 150 tonn fosfor pr. år er blitt nevnt i den anledning. Mulighetene for å kunne mestre eutrofiutviklingen i innsjøen ble ansett som gode på grunn av at:

- Innsjøen befant seg i et tidlig stadium i eutrofiprosessen (meso til meso-eutrof)
- Innsjøen hadde fortsatt lav basfosforinnhold
- Innsjøen hadde stort sett gode oksygenforhold i bunnlagene og fungerte fortsatt som en effektiv felle for næringsalter
- Direkteutslipp (punktutslipp) til Mjøsas overflatelag hadde stor betydning. Disse utslipp var det teknisk-økonomisk mulig å redusere.
- Det var politisk enighet og stor vilje blant lokalbefolkningen om at Mjøsa "må reddes"
- Forureningssituasjonen i Mjøsa måtte under kontroll innen man gikk til videre kraftverksutbygging i Jotunheimen.

Under Mjøsaksjonen tok man for seg såvel kommunale utslipp som utslipp fra spredt bebyggelse, industri og jordbruk. De viktigste tiltak var følgende:

Kommunale utslipp :

- Renseanlegg med kjemisk felling
- Nytt ledningsnett bl.a. avskjærende system.
- Restaurering av eldre ledningssystem
- Markedsføring av fosfatfrie vaskemidler

Spredt bebyggelse:

- Bedre stell av eksisterende anlegg bl.a. regelmessig tømning av septiktanker
- Biologiske toaletter
- Markedsføring av fosfatfrie vaskemidler
- Infiltrasjon eller sandfiltergrøfter

Industri:

- Strenge krav for utslipp
- Ny prosessteknikk og resirkulering
- Nye produkter av tidligere avfall
- Renseanlegg

Jordbruk:

- Forbud mot utslipp av silosaft
- Dårlige gjødselkjellere er blitt forbedret
- Restriksjoner mot gjødselspredning på frossen mark
- Overgang til fosfatfattige vaskemidler ved rengjøring av melkmaskiner m.m
- Overgang til tørrlutning av halm.

Myndighetene såvel lokalt som sentralt har bidratt med omfattende informasjonskampanjer - brosjyrer, annonser og plakater. Mjøsaksjonen har stort sett gått etter planen og i 1980 var fosforbelastningen 220-230 tonn pr. år. Det gjenstår ennå en del tiltak og bl.a. er det fortsatt problem med dårlige kloakkledninger. Under snøsmelting og ved kraftig regnvær går derfor en del kloakkvann fortsatt ut i Mjøsa.

Effektiv drift og kontroll av de tiltak som er satt i verk under Mjøsaksjonen er ellers nøkkelord for fremtiden.



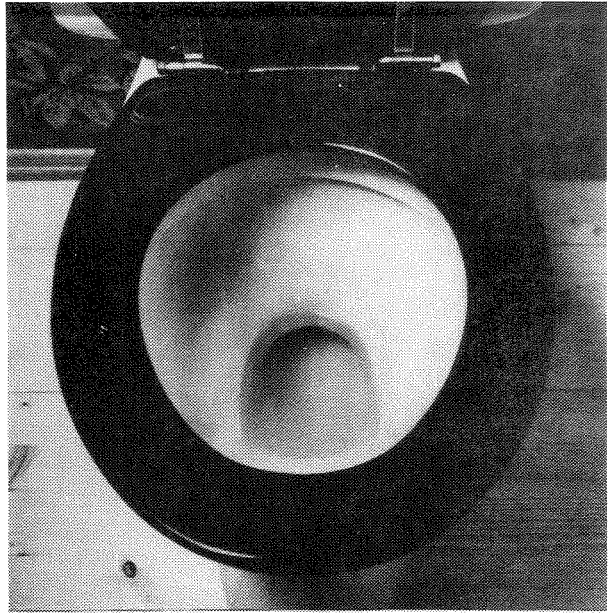
UTSLIPPENE FRA INDUSTRIEN SKAL BLI SÅ RENE AT DE NESTEN KAN DRINKES

Fra industrien har det kommet store mengder forurenninger til Mjøsa. I 1972 var for eksempel tilførselen av fosfor til Mjøsa fra industrien ca. 110 tonn. En rekke rensesetlikker er gjennomført siden den gang og industrien i Mjøsa nedbeflett er stort sett pålagt landets strengeste krav. Målet er å redusere fosforinnholdet fra industrien fra ca. 45 tonn idag til 10-15 tonn i løpet av kommende 3 år. I flere tilfeller vil tiltakene mot forurensning innebære utveksling av utslippstyper som vil bli tatt vare på.

Innen Mjøsa nedbeflett finnes mange typer industribedrifter. Vi kan nevne hovedtyper som næringsmiddel-, mekanisk-, trefrelsing- og kjemisk industri. Til alle disse stilles det forskjellige krav til rensing alt etter hvilke avfallstyper de slipper ut. Mange av de rensningsanleggene som bygges er teknisk kompliserte og krever betydelige økonomiske utlegg for ledningene.

Men man skal ikke ensidig skyld på industrien. Som du sikkert kjenner til finnes det mange andre forureningskilder hvor det også kreves omfattende tiltak. Målet er innen 3 år å redusere det totale utslipp til Mjøsa ned mot 175 tonn fosfor i året. Dette er nødvendig hvis Mjøsa skal overleve som fiskesjø, badested og turistattraksjon.

Vi har alle vært med på å forurense Mjøsa. Nå må vi alle gjøre en innsats for at innsjøen vår skal bli renere igjen.



MER ENN 50.000 SLIKE KILDER HAR SITT UTSLIPP I MJØSA

De fleste av disse må renses hvis Mjøsa skal reddes. Hus i byer og tettsteder er tilknyttet effektive kloakkrenningsanlegg - eller vil bli det i nærmeste framtid.

For dem som bor utenfor tettbebyggelsene er situasjonen anneren. De fleste av disse husene har ikke knyttet til noe sentralt rensningsanlegg, fordi de ligger for spredt. Beregninger viser at spredt bebyggelse forurenser Mjøsa med ca. 50 tonn fosfor i året. For å redusere disse utslippene vesentlig blir det nødvendig at mange må bygge nytt kloakknett eller forbedre sine gamle anlegg.

I tiden framover vil hver huseier få besøk av folk fra kommunen, som bl.a. skal kartlegge om huset har vannklosett og om avløpet blir rensert. Registreringen vil også omfatte forholdene ved dretebygningene for dem som har husdyr.

Gir avløpet betydelig forurensning, vil bygningsrådet pålegge rensesetlikker. Hvis mulig skal avløpet renses infiltreres i jorden. Der dette ikke går må det bygges nytt kloakknett med slamavkallere og sandfiltergrøtter.

Et slikt anlegg koster idag gjennomsnittlig 10 - 15.000 kroner, avhengig av grunnforholdene og om huset har vannklosett.

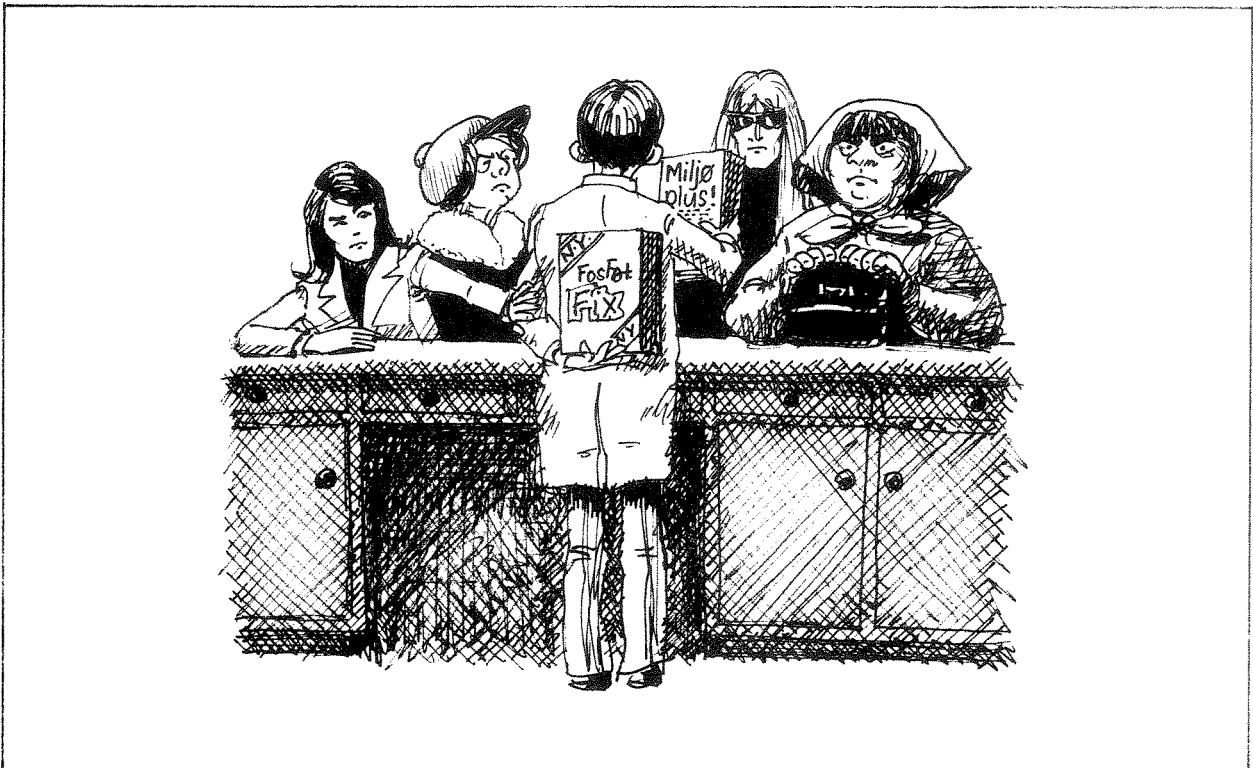
Med vannklosett må anlegget bygges større og dyrere. For a mange forurenninger vil det være fordelaktig at det ikke installeres vannklosett.

Lån til bygging av nytt kloakknett kan du få av bankene på stedet. De som har lov, inntekt, kan få lån i kommunen av midler fra Husbanken. Er inntekten stort sett bare pensjon, kan du også søke om statslånskutt.

Skal Mjøsa reddes må vi mot i et totalt utslipp på 175 tonn fosfor i året. Dette kan vi bare klare hvis alle er villige til å gjøre en innsats.



MILJØVERNREPARTUMEINTELET
STATENS INFORMASJONSSENTER



Respons i Mjøsa

Dersom Mjøsaksjonen ble vellykket kunne man forvente en bortimot umiddelbar respons i Mjøsa:

- Betydelig forbedring rent hygienisk sett.
- Betydelig reduksjon av algeproduksjonen og derved redusert pH-svingninger i overflatevannet.
- Forandring av algesamfunnet mot dominans av mindre næringssaltkrevende arter som f.eks. kiselalgen *Asterionella*.
- Reduksjon av algemengden om sensommeren og høsten bl.a. når det gjelder forekomsten av blågrønnalgen *Oscillatoria*.

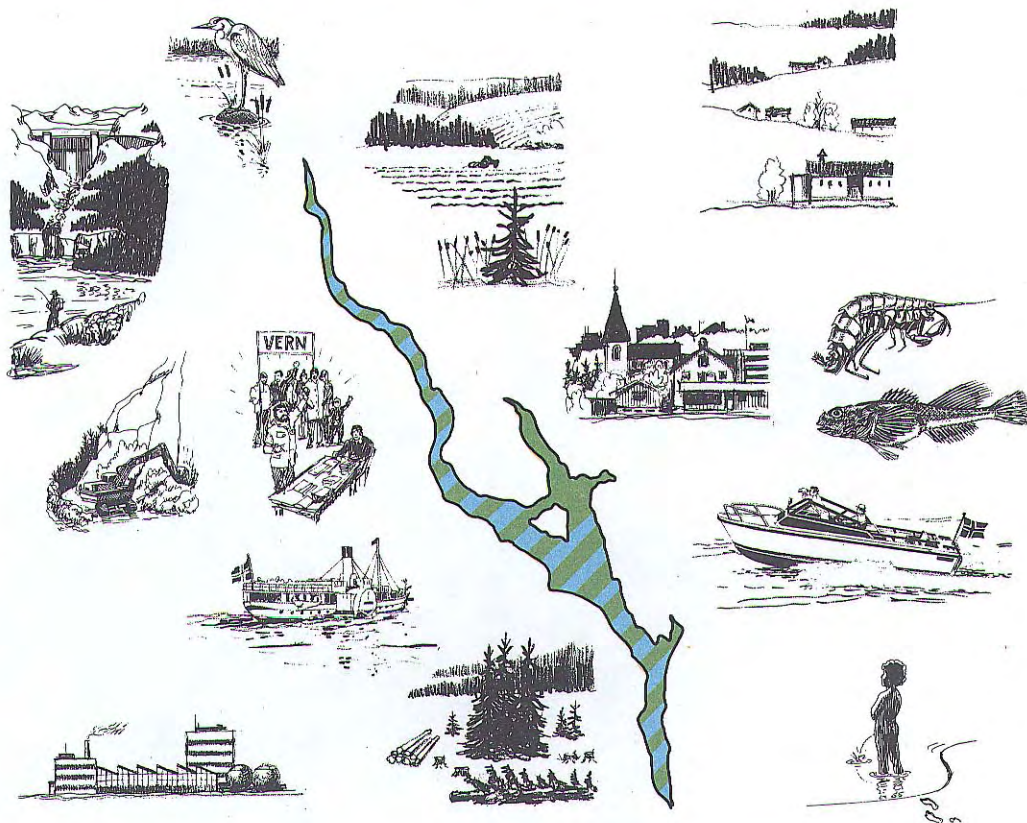
	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Total fosforbelastning i tonn/år	308	230	219	252	225	200-230
Midlere fosforkonsentrasjon i tilløp og P/l	36,2	26,1	25,0	22,9	23,3	225
Midlere fosforkonsentrasjon i innsjøen og P/l	10,3	10,0	10,0	10,0	9,0	6,7
Klorofyll a(mg/m ³) middel for sommer	5,0	3,6	3,6	3,5	2,7	3,4
Algebiomasse (G/m ³) middel for sommer	1,67	1,42	1,05	1,01	0,80	1,35
Primærprod. mg C/m ² ·d middel for sommer	570	370	140	110	110	135
Primærprod. g C/m ² årsverdi	100	69	25	20	20	28

På lengre sikt kan man regne med en reduksjon av algemengden også på forsommeren og av innsjøens basfosforinnhold. En til dels betydelig kiselalgeforekomst særlig på forsommeren må vi imidlertid regne med også i fremtiden i likhet med til sine tider visuelt sett rik forekomst av *Anabaena*. At trådalgen *Ulothrix* til tider fortsatt vil kunne masseutvikles langs strendene må vi også leve med. Videre må vi selvfølgelig regne med en reduksjon av innsjøens produksjonskapasitet i sin helhet bl.a. når det gjelder fisk. Utslippene av nitrogen er fortsatt store og man må regne med et stadig økende nitrogeninnhold i innsjøen.

Overvåking av Mjøsa inngår nå som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. I denne forbindelse er det utarbeidet en modell og målsetting bassert på de biologiske forhold i Mjøsa - responsen på forureningsbelastningen (se del A) - som forventes vil fange opp eutrofiutviklingen og i god tid gi myndighetene beskjed om i hvilken grad det er nødvendig med ytterligere tiltak for å begrense utslippene av næringsalter.

Målsetting for Mjøsa

MÅLSETTING FOR MJØSA.



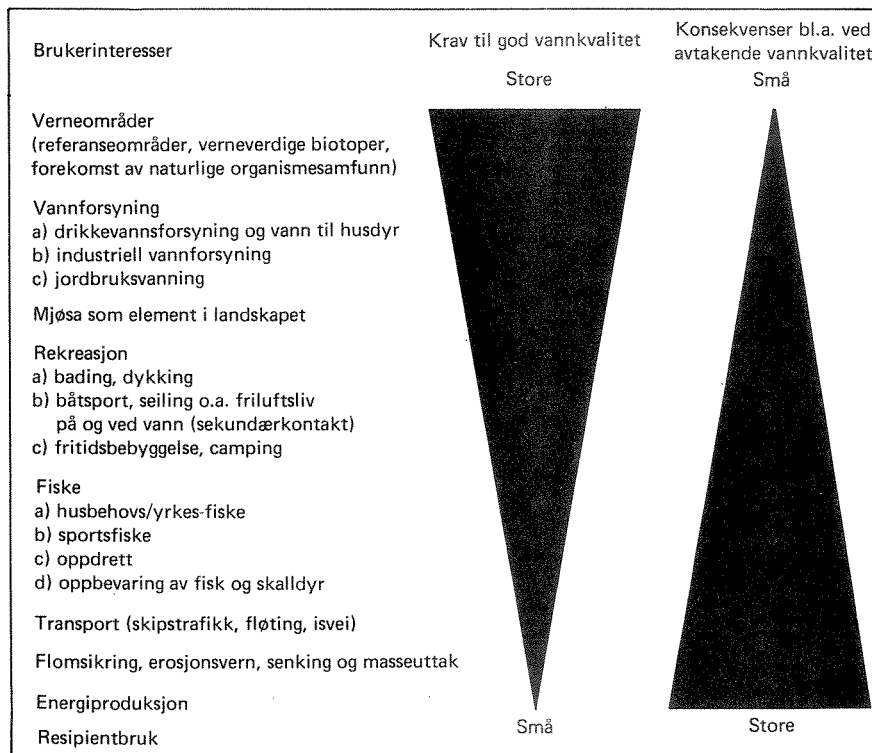
En målsetting for Mjøsa må ta utgangspunkt i innsjøen som en ressurs samt en god husholdning av denne som gjør det mulig å utnytte innsjøen for forskjellige brukerinteresser også i fremtiden. Utnyttelsen må videre skje innenfor de naturgitte rammer slik at innsjøens tilstand ikke forandres i den grad at fremtidig behov og handlingsfrihet blir skadet. Dette er noe som fortsatt forskning og forvaltning må ta utgangspunkt i, da Mjøsa i dagens situasjon utgjør en enestående ressurs og naturtilgang med en verdi som det neppe kan bli satt nok pris på. Et mer langsiktig mål må være å fremskaffe ytterligere kunnskaper om Mjøsa og dens nedbørfelt som grunnlag for en rasjonell husholdning med innsjøen som naturressurs, uten at den naturgitte egenart vesentlig forandres eller forringes. Dvs. utnyttelse må skje innenfor de rammer naturen gir. Resultatene skal anvendes i samfunnets planleggings- og beslutningsprosesser. Dette er særlig påkrevet da den framtidige utviklingen i innsjøen og dens nedbørfelt berører viktige samfunnsinteresser og store befolkningsgrupper. Det bør her nevnes at situasjonen i Mjøsa også i høy grad bestemmer utviklingen i nedenforliggende vassdrag.

Parameter	Dagens situasjon	Målsetting	Kommentarer
Beskrivelse:			
Uteende	Synlige forurensninger er i dag vanlige. Dette gjelder såvel vannmasser, vannoverflate som strand og bunn. Det største problemet er en mer almen forsepling og begroing av påvekst-alger.	Vannmasser, vannoverflate, strand og bunn skal være fri for synlige forurensninger og sjenerende begroing (masseutvikling av bentiske alger).	Betydelige søppelmengder tilføres innsjøen i dag under flomsituasjoner i de mindre tilløpselvene. Plastfragment trolig fra Mesna kartongfabrikk, forsepler også i stor grad.
Flytestoffer, olje, lukt, smak:	Mindre oljeforurensning forekommer ofte i dag. Betydelig lukt- og smaksulemper ved masseoppløst av spesielt blågrønnalgen <i>Oscillatoria</i> (jvnfør situasjonen 1976).	Må ikke forekomme. Vannet skal være fritt for sjenerende lukt og smak.	Mest oljeforurensning har hittil kommet via Hunselva.
Hygieniske spektrre:			
foreslås utarbeidet av SIFF. Gjelder også gifter.			
Fysisk-kjemiske:			
Siktedyp	ca. 4 m	> 6 m	Gjelder sommersituasjonen i Mjøsa sentrale og søndre deler.
pH	7 - 10	ca. 7	Algeproduksjonen medfører i dag betydelig pH-økning. Noen direkte forsurening av innsjøen har ikke kunnet dokumenteres.
O ₂ -metning (%)	70 - 120	80 - 105	Lokalt begrensete områder har i dag O ₂ i kontaktsonen sediment-vann. Gjelder bunnområder med stor fiberbelastning utenfor celluloseindustrier.
Tot-N µg/l (baskons)	400 - 500	≤ 400	
N-belastning g/m ² . år	11 - 15	≤ 7,5	Antakelig kan dette ikke oppfylles på grunn av den store jordbruksaktivitet i nedbørfeltet.
Tot-P µg/l (baskons)	ca. 10	≤ 5	
P-belastning g/m ² . år	ca. 1	≤ 0,5	Spesielt viktig å redusere de større, mer kontinuerlige utslippene som f.eks. boligkloakk fra større tettsteder.
Konduktivitet	30 - 40	30 - 40	Forurensningsbelastning har hittil neppe påvirket saltholdigheten i nevneverdig grad.
Biologiske:			
Karakteristiske algearter:			
Større flagellater	<i>Cryptomonas</i> spp., <i>Rhodomonas pusilla</i>	<i>Cryptomonas</i> spp., <i>Rhodomonas pusilla</i>	Mjøsa kan i dag betraktes som en kiselalge-blågrønnalge (<i>Oscillatoria</i>) - <i>Cryptomonad</i> -sjø.
Kiselalger	<i>Asterionella formosa</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Stephanodiscus hantschii</i>	<i>Asterionella formosa</i>	
Gulalger	Monader	Monader, <i>Mallomonas</i> , <i>Unglena americana</i> , <i>Dinobryon</i>	Mjøsa bør bringes tilbake til å bli <i>Cryptomonad</i> -kiselalgesjø (Monad- <i>Asterionella</i> - <i>Cryptomonas</i> - <i>Rhodomonas</i>) Spesielt er stor forekomst av mindre monader ønskelig da disse utgjør et godt næringsgrunnlag for de fleste dyreplanktonarter.
Grønnalger	<i>Sphaerocystis schrooferi</i> .	<i>Sphaerocystis schrooferi</i> , <i>Desmidier</i> .	
Blågrønnalger	<i>Oscillatoria</i> spp. <i>Anabaena flos-aquo</i>	Ingen	
Maksimal algevolum g/m ³	3 - 5	≤ 1	
Middels algevolum (mai-okt) g/m ³	1,4 - 1,8	< 0,7	Helst i området 0,4
Tot. klorofyll a max. mg/m ³	ca. 10	2 - 3	
Middels (mai-okt.) mg/m ³	ca. 4	< 2	
Primerproduksjon:			
Årsproduksjon g C/m ² . år	80 - 100	≤ 30	Det er ønskelig at så stor del som mulig av primerproduksjonen faller på mindre algeformer som f.eks. monader.
Maks. dagsproduksjon mg C/m ² . dag	600 - 2000	≤ 300 - 350	
Dyreplankton:			
Karakteristiske arter:			
Hoppereps	<i>Limnocalanus macrurus</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Cyclops lacustris</i> , <i>Mesocyclops oithonoides</i> .	<i>Limnocalanus macrurus</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Heterocope appendiculata</i> , <i>Cyclops lacustris</i> , <i>Mesocyclops oithonoides</i> .	
Vannlopper	<i>Bosmina longispina</i> , <i>Daphnia galeata</i> , <i>D. cristata</i> , <i>Leptodora kindhi</i> , <i>Polyphemus pediculus</i> .	<i>Bosmina longispina</i> , <i>Daphnia galeata</i> , <i>Holopedium gibberum</i> , <i>Leptocloera kindhi</i> , <i>Bythotrephes longimanus</i> .	
Større krepsdyr	<i>Mysis relicta</i>	<i>Mysis relicta</i>	
Hjuldyr	<i>Brachionus quadridentatus</i> , <i>Notholca caudata</i> , <i>Keratella cochlearis</i> , <i>Kellicottia longispina</i> , <i>Castropus stylifer</i> , <i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Synchaeta pectinata</i> , <i>Polyarthra vulgaris</i> , <i>Filinia longicaeta</i> , <i>Conochilus unicornis</i> .	<i>Notholca caudata</i> , <i>Keratella cochlearis</i> , <i>Kellicottia longispina</i> , <i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Synchaeta pectinata</i> , <i>Ploesoma hudsoni</i> , <i>Polyarthra vulgaris</i> , <i>Conochilus unicornis</i> .	
Bunnfauna (profundalen):			
Karakteristiske arter:			
Større krepsdyr	<i>Fallasea quadrispinosa</i>	<i>Fallasea quadrispinosa</i>	Foruten i lokalt begrensete områder er profundalfaunaen i dag lite påvirket av forurensningsbelastning og eutrofikutvikling. En igjenkolonisasjon av mer oligotrofi-indikerende arter til de belastede områder er ønskelig. Dvs. slike områder må avlastes.
Fjærmugglarver	<i>Heterotrissocladius subpilosus</i> , <i>Paracladopelma obscura</i> , <i>Micropeetra</i> spp.	<i>Heterotrissocladius subpilosus</i> , <i>Paracladopelma obscura</i> , <i>Micropeetra</i> spp.	
Fåberstemark	<i>Stylodrilus heringianus</i> , <i>Pelescolex ferox</i> .	<i>Stylodrilus heringianus</i> , <i>Pelescolex ferox</i> .	
Muslinger	<i>Pisidium</i> spp.	<i>Pisidium</i> spp.	
Fisk:			
Fangstmessig mest betydelige	Lagesild, aure, abbor	Lagesild, sik, abbor, aure, harr	Det er ønskelig at også andre arter beskattes.
Fanget kg/ha	ca. 6	ca. 5	Fangstverdiene høyst usikre og bare skjønsmessig valgt. Mer konkrete tall kan antakelig fremlegges når den fiskeriologiske undersøkelsen er gjennomført.

Normer:

Brukerinteresser, krav og konsekvenser

Statens forurensningstilsyn (SFT) har uttrykt ønske om at det mot slutten av Mjøs-undersøkelsen (1969-81) ble utarbeidet en mer konkretisert målsetting (med tall- og grenseverdier) for Mjøsa på bakgrunn at det materialet som er framskaffet. Forslaget til målsetting som er angitt her, må ikke betraktes som et absolutt krav, men er bare ment som et normgivende vurderingssystem. Det er tatt utgangspunkt i SFTs mer generelle målsetting: "å bringe vannforekomsten i en tilstand som mest mulig tjener alle brukerinteresser". En har i denne anledning tatt utgangspunkt i brukerinteressene nevnt nedenfor som en også i framtiden antar vil være de viktigste.



Flere av brukerinteressene stiller strenge krav til god vannkvalitet, mens andre nedsetter den. Derved begrenses til dels mulighetene for en flersidig utnyttelse av innsjøen. I den øverste halvdel av tabellen ovenfor gjenfinnes de brukerinteresser som stiller krav til en noenlunde upåvirket natur, mens den nedre delen omfatter virksomheter med som regel negative konsekvenser for vannforekomsten.

Det viktigste må uten tvil være å utforme en vannbruksplan, og ved miljøsanering, miljøkontroll og miljøplaner forsøke å holde Mjøsa i en noenlunde økologiske balanse, dvs. innsjøens RESIPIENTKAPASITET må ikke overskrides. Videre er det viktig å være klar over at Mjøsa og dens tilløpselver også i fremtiden vil være resipient og tilføres forurensningsstoffer som bl.a. vil føre til et høyere produksjonsnivå enn hva som var vanlig før menneskelig påvirkning gjorde seg gjeldende. Det skal presiseres at det ikke er mulig og heller ikke noe mål å få tilbake Mjøsa til naturlig tilstand. Det bør være et ideelt mål å utnytte den økte produksjonsevne på en så riktig måte som mulig sett i relasjon til andre brukerinteresser og målsettinger. Dette betyr at en må strebe etter å opprettholde et velbalansert økosystem hvor de forskjellige ledd i produksjonskjeden er i harmoni med hverandre. Dette vil bl.a. bety at man søker å utnytte produksjonskapasiteten ved et optimalt og rasjonelt fiskestell og fiske.

Kommentarer til de enkelte brukerinteresser

Verneområder

Motiveringen for naturvern ligger først og fremst i å verne naturområder på grunn av deres egenverdi. Miljøkontroll, grunnforskning og undervisning hører med blant disse interesser. Naturvern begrenser som regel mulighetene for å utnytte aktuelle områder for andre interesser, men som regel kan flere bruksinteresser koples sammen.

Mjøsas i mange hensender enestående økosystem med stort innslag av ishavs-
imigranter (relikte krepsdyr) er i seg selv verneverdig og situasjonen i
innsjøen må under ingen omstendigheter forandres slik at det skjer større
forandringer i det nåværende økosystemet. Dette innebærer bl.a. at nye arter
som kan etablere bestander, ikke må tilføres, et ensidig fiske som kan skape
større forandringer i innsjøens fiskesammensetning må unngås. En viss påvirk-

ning bl.a. ved en moderat produksjonsøkning og herved mulighet til et økt fiskeuttak, vil systemet kunne tåle så lenge det forvaltes på riktig måte. En produksjonsøkning (høsting) bidrar videre til at innsjøens biologiske bufferevne øker bl.a. når det gjelder akkumulering av giftstoffer.

Den største trussel er uten tvil en fortsatt forurensningsutvikling ved eutrofiering og giftutslipp. Det er nødvendig at forurensningssituasjonen i framtiden mestres samtidig med at innsjøen som ressurs utnyttes på en riktig måte.

Verdifulle våtmarksområder finnes lokalt på flere steder og disse er i første rekke viktige rastelokaliteter for trekkende vade- og andefugler. Akersvika ved Hamar er allerede vernet og Lågendeltaet samt området utenfor Lenavassdraget er under vurdering som verneområder. En viss produksjonsøkning vil berike disse områder, mens utslipp av gifter kan få alvorlige negative konsekvenser.

Geologisk er Mjøs-området interessant med et vidt spekter av bergarter fra næringsfattige til kalkrike og mer produktive områder. Fossiler finnes i de sentrale deler av Mjøs-området, og blant verdifulle forekomster ved/i Mjøsa som allerede er vernet kan nevnes korallrevet ved Bergsvika på Helgøya og en fossilforekomst på Langodden ved Brumunddal. Smaragdgruvene ved Byrud, Minnesund og en tilittforekomst (forsteinet morene) nord for Moelven bør også nevnes.

Ved Rotlia syd for Stange finnes en vernet bestand av edel løvskog. Flere vernede og verneverdige områder, bl.a. våtmarksområder, finnes i de sentrale deler av Mjøsas nedbørfelt. Fortidsminner og kulturvernverdier må også nevnes i denne sammenheng.

Selve Mjøsa som økosystem stiller spesielt strenge krav og begrenser til dels muligheten for andre brukerinteresser, f.eks. resipientbruk, energi-produksjon og fiske. Med sin egenart med bl.a. en betydelig forekomst av ishavsimmigranter, utgjør Mjøsa og dens økosystem en spesielt verdifull ressurs for mer grunnleggende forskning. Dessuten er Mjøsa en enestående undervisningslokalitet i direkte kontakt med flere undervisningstrinn i lokalsamfunnet.

Mange spørsmål av mer praktisk karakter som er aktuelle for samfunnets planleggings- og beslutningsprosesser er fortsatt ubesvart eller dårlig kjent, og fortsatt forskningsaktivitet er nødvendig. Et mer langsiktig program for forskning i Mjøsa og dens nedbørfelt bør derfor utarbeides der også undervisningsbehovet innordnes. Produksjonsstudier og mer inngående studier av eventuelle miljøfarlige stoffer og deres fordeling i næringskjedene bør stå sentralt i denne sammenheng i likhet med mer langsiktige serier som kan fange opp naturgitte og langsiktige svingninger i forbindelse med den påvirkning innsjøen alltid kommer til å være utsatt for.

Vannforsyning

Mjøsa som vannkilde for drikkevannforsyning er en brukerinteresse som stiller spesielt strenge krav til god vannkvalitet. Dette krav blir i dag bare tilgodesett i de dypere vannlag, sett i relasjon til de normer og krav som er skissert av Statens Institutt for Folkehelse (SIFF).

Betydelige vannforsyningsinteresser knytter seg til Mjøsa og i dag tar ca. 55000 mennesker sitt drikkevann fra innsjøen. Planer for ytterligere vannforsyning fra Mjøsa foreligger. I tillegg kommer vannforsyning til industri- og jordbruksformål samt betydelige vannforsyningsinteresser i vassdraget nedstrøms.

I et større perspektiv må Mjøsa betraktes som en eventuell potensiell vannkilde for større områder.

Det er i første rekke resipientinteressene som kommer i konflikt med vannforsyningen og forurensningssituasjonen må derfor til enhver tid være under kontroll.

Mjøsa som element i landskapet

En innsjø som element i landskapet stiller som regel betydelige krav til vannkvalitet og bevaring av naturgitte forhold. Mjøsas sentrale rolle som miljøskapende element i Østlands-området vil antakelig i fremtiden bli meget verdifullt. Foruten forurensningspåvirkning er det i dag i første rekke mjøsreguleringen som til tider tørrlegger strendene, samt tildels dårlig

planlagt disposisjon av strandarealer (vei- og jernbanetraséer, steintipper, dyrkningsarealer helt ned til stranden osv.) som skaper konflikter.

Selv om rensertiltakene blir vellykkede må vi også i framtiden regne med at algeveksten til tider kan bli sjenerende bl.a. ved ansamling i bukter og vikler (vannblomst).

Rekreasjon

Friluftsliv, fritidsbebyggelse og båtsport krever tilgang på vannområder med tilfredsstillende vannkvalitet og naturgrunnlag for fiske, bad, drikkevann, friluftsliv osv. Omfattende friluftaktiviteter i ømfintlige områder medfører som regel negative effekter på miljøet og kommer i konflikt med brukerinteresser som verneområder, vannforsyning og mer generell landskapsvern. Vannforurensning på grunn av stor båttrafikk må også tas i betraktning. Da ca. 150.000 personer bor i Mjøsas direkte nærhet, samt at det spesielt på sommertid er stor gjennomgangstrafikk langs innsjøen, representerer rekreasjonssektoren betydelige interesser i Mjøsa. Fisket må fortsatt anses som den viktigste lokale fritidsaktivitet, men bading i forbindelse med campingplasser øker stadig i betydning. Bedre arealplanering når det gjelder strandregionen, mer rasjonelt fiske og fiskestell, samt kontroll av forurensningssituasjonen, er nøkkelord for rekreasjonsinteressene omkring innsjøen.

Fiske

Så lenge fiske og fiskestell foregår innenfor de naturgitte rammer, medfører dette ingen konsekvenser for vannkvaliteten eller naturgrunnlaget generelt. Overbelastning, innplanting av nye arter osv. kan medføre betydelige forandringer i innsjøens økosystem og derved komme i direkte konflikt med i første rekke verneinteressene.

På den andre siden stiller fisket strenge krav til vannkvaliteten, særlig når det gjelder giftige og smaksreduserende stoffer som nedsetter fiskens kvalitet. Kvikksølv-situasjonen kan her nevnes som eksempel. En forutsetning er videre at det finnes gode reproduksjonslokaliteter og at innsjøen og dens til- og utløp ses under ett. Mjøsa har siden gammelt vært kjent som en fiske-

rik innsjø og fiskeinteressene har alltid vært betydelige. Tross de iverksatte tiltak mot forurensning må vi alltid regne med en viss nærings saltbelastning til innsjøen også i framtiden, en belastning som bl.a. vil føre til økt fiskeproduksjon. Det er derfor viktig at denne produksjonsøkning blir utnyttet så langt som mulig ved et rasjonelt fiske og fiskestell.

Fiske som rekreativ aktivitet må sies å utgjøre en meget viktig del av friluftslivet i Mjøsområdet i likhet med Østlandet i sin helhet. De viktigste fiskeslagene i Mjøsa er fra økonomisk synspunkt i dag lagesild, aure og sik. Ut fra sportsfiskebetraktning er den storvokste mjøsauren i en særklasse. Videre er harr, abbor, gjedde og lake av betydning. Det ligger også rekreative og økonomiske verdier i bedre utnytting av andre fiskeslag, noe som det for tiden arbeides med. En av hovedmålene for fiskestellet i Mjøsa er for tiden å bygge opp en god mjøsaurebestand og en har her tatt sikte på en avkastning opp mot 20 tonn/år. En bedre utnyttelse av hvitfisken i Mjøsa må også nevnes.

Forurensningsutslipp, grøfting og vannuttak i tilløpselvene, høyt kvikksølvinnhold i eldre rovlevende fisk samt påvirkning av vassdragsreguleringer utgjør i dag de største ulempene for fiske- og fiskestellsinteressene som knytter seg til innsjøen. Et riktig forvaltet fiske og fiskestell vil ikke påvirke andre brukerinteresser i negativ retning.

Transport

Tidligere var sjøfarten på Mjøsa av betydelig nytteinteresse og båter og ferger gikk i regulær trafikk. I de senere år er det bare fergetrafikken mellom Gjøvik og Mengshol, Skiblander-turene om sommeren og en del fløting som faller under denne brukerinteresse. Fløtingen er for øyeblikket sterkt redusert. Noen større konsekvenser for de øvrige brukerinteresser skulle ikke den sparsomme sjøfarten på Mjøsa utgjøre i dag.

Energiproduksjon

Energiproduksjon (vannkraft, kjølevann) representerer en utnyttelse som mer entydig medfører negative konsekvenser for de brukerinteresser som krever tilnærmet upåvirkede forhold samtidig som også brukerinteresser med mindre

kvalitetsbehov som f.eks. resipientbruk kan påvirkes ved redusert resipientkapasitet. På den andre siden kan påvirkninger i visse tilfeller bidra til positive effekter ved f.eks. økt fiskeproduksjon på grunn av utslipp av varmt vann eller når reguleringer reduserer flomtopper og bidrar til jevnere vannføring.

Mjøsa og dens tilløp, særlig Gudbrandsdalsvassdraget, utgjør betydelige vannkraftressurser, hvorav en stor del bl.a. selve Mjøs-bassenget allerede er utbygget. Mjøsa ble første gang regulert i 1911 ved en dam i Svanfossen. Det er siden foretatt flere tilleggsreguleringer, siste gang i 1961, og i dag har innsjøen en reguleringsamplitude på 3,61 m. På grunn av mjøsreguleringen vaskes strandområdene ut og innsjøens produksjonsevne nedsettes samtidig som det skapes estetiske og praktiske (båthold, bad) ulemper. Bygging av dammer og kraftverk i tilrennende vassdrag har ødelagt reproduksjonslokalitetene for bl.a. mjøsaure (vandringshinder, tørrlegging). Allerede eksisterende reguleringsinngrep påvirker i mer eller mindre grad samtlig av de øvrige brukerinteresser som knytter seg til Mjøsa. For at konflikten skal bli minst mulige, er det viktig at allerede foretatte reguleringsinngrep, såvel som eventuelle nye, i størst mulig grad samkjøres med de andre brukerinteresser. En til tider påtagelig nedtapping av innsjøen under sensommeren skaper i dag problemer for båtfolket.

Resipientbruk

Mjøsa og dens tilløpselver belastes i dag med avløpsvann fra kommunale renseanlegg, industri, utsig fra jordbruksarealer og spredt bosetting, samt luftbåren forurensning ved nedbør og tørravsetting. Bruken av innsjøen som mottaker (resipient) av forurensningsstoffer er av stor økonomisk betydning for samfunnet. En ensidig utnyttelse av innsjøen som resipient står i direkte konflikt med øvrige brukerinteresser. Det er derfor av største betydning at innsjøen ikke overbelastes. Interessen for å forbedre vannkvaliteten har hittil vært stor. Både kommuner, industri og jordbruk har akseptert langtgående miljøvernkrav, og inntil i dag er over en milliard blitt investert i renseanordninger. Det er i framtiden viktig at innsjøens selvrensingsevne (RESIPIENTKAPASITET) mot aktuelle stoffer ikke overskrides, slik at innsjøens evne til å opprettholde et velbalansert økosystem ikke ødelegges og at aktuelle brukerinteresser ikke blir skadelidende.

Program for overvåking

PROGRAM FOR OVERVÅKING

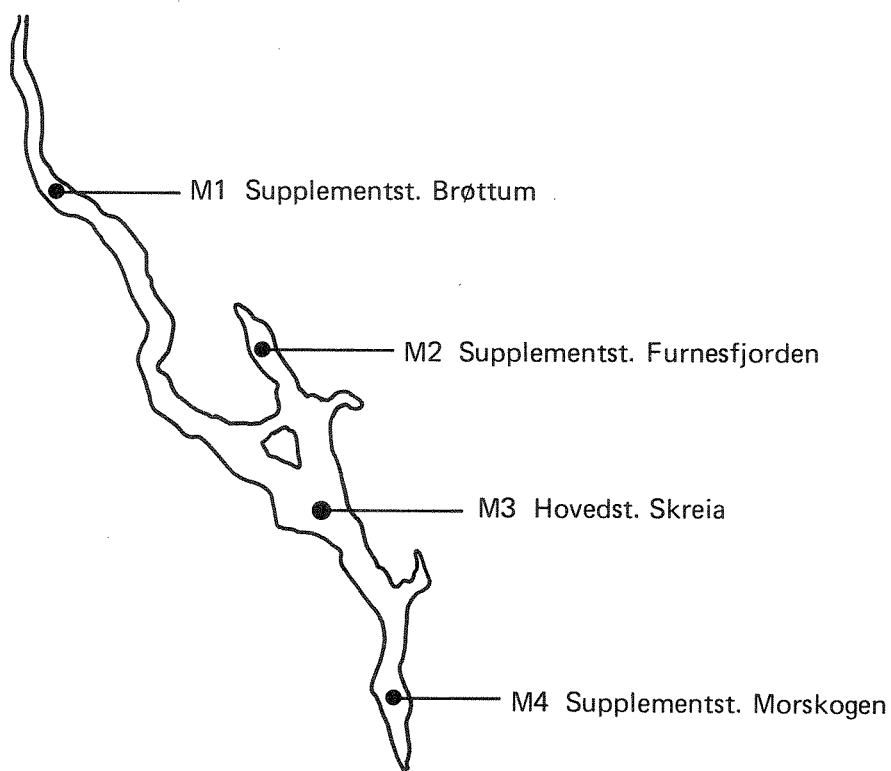
Overvåkingen omfatter bare selve innsjøen og har som mål å følge event. mer langsiktige forandringer (trend).

Program

Overvåkingen av Mjøsa skjer dels ved årlige mer begrensede undersøkelser og dels ved en mer omfattende undersøkelse hvert femte/tiende år.

Stasjonsnett

Årlig overvåking skjer ved en hovedstasjon ved Skreia i Mjøsas sentrale parti og ved en supplementstasjon i Furnesfjorden. For prøvetaking hvert femte/tiende år tilkommer ytterligere to supplementstasjoner ved Brøttum i nordenden og Morskogen i sydenden.



Måleprogram; Årlige undersøkelser

Fysisk-kjemiske undersøkelser

I løpet av senvinteren (mars) og vårsirkulasjonsperioden (mai) samles det inn prøver fra 8 forskjellige dyp på begge stasjonene (Skreia, Furnesfjorden). Disse prøver analyseres på:

- Oksygen
- Alkalinitet
- pH
- Farge
- Turbiditet
- Silisium
- Total fosfor
- Ortofosfat på filtrert prøve
- Nitrogen
- Nitrat
- Konduktivitet
- Organisk stoff (KMnO_4)
- Temperatur

Foruten dette måles oksygenkonsentrasjonen og temperatur i en vertikalserie under sommerstagnasjonen i august/september. Målsetningen med dette analyseprogrammet (kjemi I) er å fastslå basisgehalten (utgangskonsentrasjonene) av stoffer som har betydning for produksjonsforholdene i innsjøen. Bl.a. er basisgehalten av fosfor av stor betydning for forståelsen av eutrofiutviklingen.

I tidsrommet mai-oktober, "den egentlige vegetasjonsperioden" samles det inn prøver som blandprøve fra 0-10 meter annenhver uke fra hovedstasjonen (Skreia) og en gang hver måned fra supplementstasjonen (Furnesfjorden). Prøvene analyseres på:

- pH
- Konduktivitet
- Alkalinitet
- Total fosfor
- Ortofosfat på filtrert prøve
- Total nitrogen
- Nitrat
- Silisium
- Tørrstoff og Gløderest

Målsetningen med dette analyseprogram (kjemi II) er å få et bilde av variasjonsmønsteret i de øvre vannmasser av i første rekke næringssaltene. Samtidig med prøveinnsamlingen måles temperatur (i en vertikalserie) og siktedyp.

Biologiske undersøkelser

Plantep plankton

Ved hovedstasjonen (Skreia) innsamles under den "egentlige vegetasjonsperioden" (mai-oktober) kvantitative plantep planktonprøver hver 2. uke, som blandprøve fra 0-10 meter (samme blandprøve som det tas kjemi fra). Dette materialet vil kunne beskrive plantep planktonets sammensetning og volum. Som supplement til volumdataene, bestemmes også total klorofyll a i blandprøven. Samtidig med den øvrige prøvetaking utføres det primærproduksjonsmålinger med C_{14} -teknikk, dvs. hver 2. uke under perioden mai-oktober. Primærproduksjonen bestemmes fra følgende dyp: 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 og 12 meter.

Ved supplementstasjonen samles det inn en blandprøve (som ovenfor) hver måned, for bestemmelse av plantep planktonets sammensetning og biomasse (alge volum og klorofyll a).

Dyreplankton

For å skaffe tilveie visse informasjoner om krepsdyrplanktonets kvantitative utvikling samles det inn et kvantitativt dyreplanktonmateriale via Schindlerfelle med 60 μ 's duk tre ganger i tidsrommer juli-august-september, fra 0-50 meters sjiktet (0.5 m, 2 m, 5 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m, 30 m og 50 m) ved hovedstasjonen (Skreia). Data over forekomst av pelagisk levende Mysis relicta samles inn via vertikale håvtrekk fra Mjøsas sentrale partier i august.

I den utstrekning spesielle situasjoner gjør det nødvendig, f.eks. plutselige og store endringer i algeutviklingen o.l. samles det inn data materiale utover det rutinemessige.

Måleprogram; Undersøkelser hvert 5/10 år

I tillegg til de årlige undersøkelsene som er skissert ovenfor, utvides undersøkelsesopplegget hvert 5. år med ytterligere to supplementstasjoner (Brøttum og Morskogen).

Andre og flere parametre, som gjør det mulig å tolke eventuelle endringer og utvikling mer inngående, kommer i tillegg. Skulle situasjonen i Mjøsa på sikt stabilisere seg, kan det eventuelt være tilstrekkelig med å utføre denne mer omfattende undersøkelsen hvert 10. år.

Fysisk-kjemiske undersøkelser

Utover de fysisk-kjemiske parametre ved hovedstasjonen (Skreia) som analyseres hvert år i forbindelse med prøvetakingen om våren (vårsirkulasjonen), utvides for hvert 5. år denne serie med å omfatte hovedkomponentene kalsium, magnesium, natrium, kalium, hydrogenkarbonat, kobber, sink og aluminium.

Under sommerstagnasjonen (august-september) samles det inn hvert 5. år fysisk-kjemiske prøver fra flere dyp på alle stasjoner. Prøvene analyseres på - pH, konduktivitet, alkalinitet, farge, organisk stoff (KMnO_4), fosfor,

ortofosfat på filtrert prøve, total nitrogen, nitrat og silisium. Hensikten med denne undersøkelsen er først og fremst å klarlegge innhold av plantenæringsstoffer i de dypere lag under sommerstagnasjonsperioden i et lengre tidsperspektiv.

Utover sommeren (mai-oktober) tas det på alle stasjoner prøver (blandprøver) annenhver uke i likhet med det som hvert år utføres på hovedstasjonen (Skreia). Analyseparametrene blir også de samme.

Biologiske undersøkelser

Plantep plankton

Hvert 5. år foretas det en mer fullstendig algeundersøkelse, i likhet med den som hvert år foretas på hovedstasjonen (Skreia), dvs. prøvetaking annenhver uke på samtlige stasjoner.

Utover dette foretas det hver måned i perioden mai-oktober en synoptisk undersøkelse av total klorofyll a over hele innsjøen.

Dyreplankton

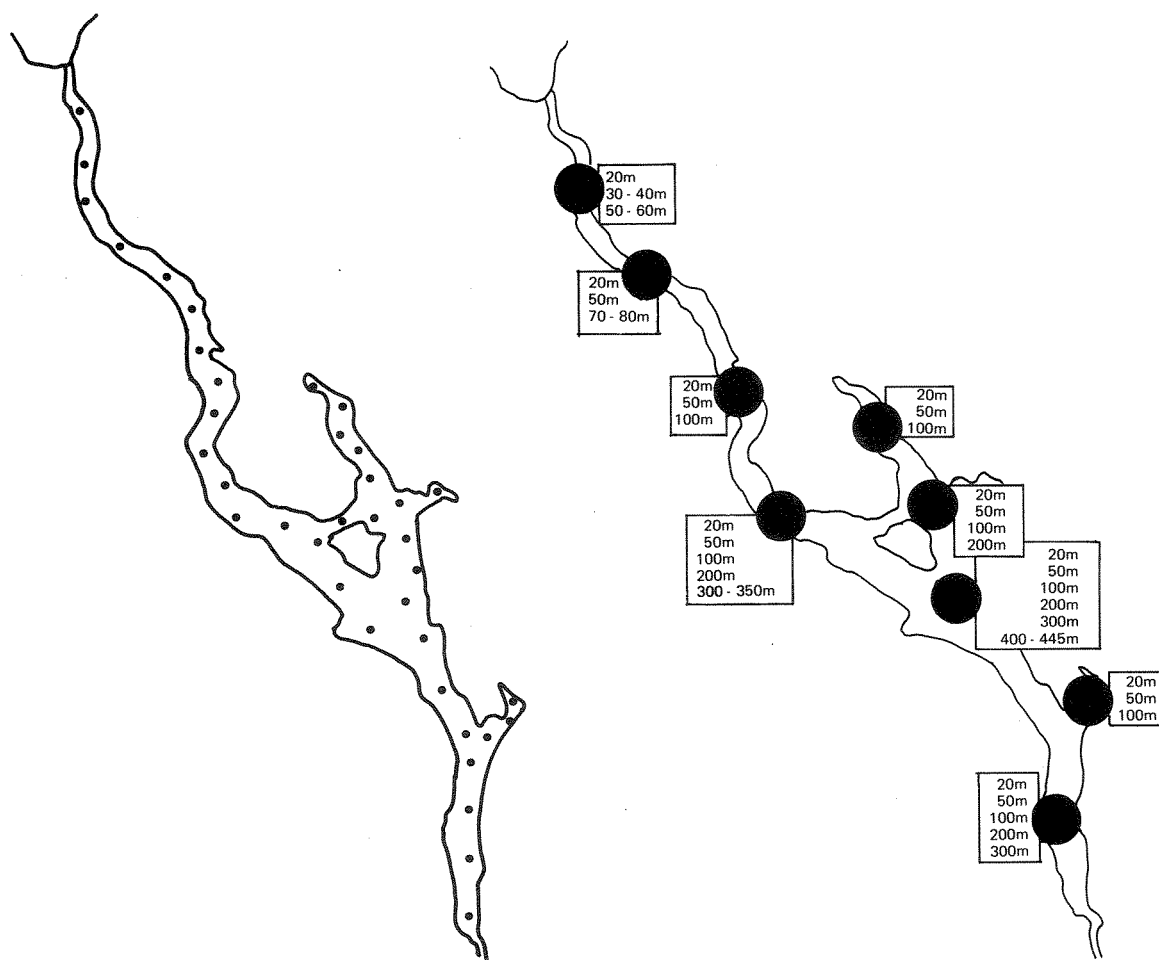
Hvert 10. år foretas ved hovedstasjonen (Skreia) en mer fullstendig undersøkelse over dyreplankton og Mysis relicta med kvantitativ prøvetaking hver måned i vekstperioden mai-oktober samt en gang i desember, februar og april.

Bunndyr

For å kunne følge utviklingen i Mjøsas dypere vannmasser og bunnpartier med hensyn til organisk belastning, oksygenforhold og eventuelle giftvirkninger, samles det inn hvert 10. år bunnfaunaprøver fra i alt 15 prøvepunkter innenfor de områder som er angitt på figur. Det samles her inn 5 parallelle prøver for hver prøvetakingsomgang. På en del av materiale utføres tungmetall- analyser. Bunnfaunaundersøkelsene må ses som supplement til de fysisk-kjemiske undersøkelsene i forbindelse med stagnasjonsperiodene.

Hygieniske - bakteriologiske undersøkelser

En gang hvert 5. år (august) utføres en synoptisk undersøkelse for analyse av termostabile koliforme bakterier (44°C), koli (28°C) og kimtall i tre dyp (0.5, 15 og 30 meter) på 40 stasjoner over hele innsjøen.



Stasjonsnett ved synoptiske undersøkelser.

Prøvepunkter for innsamling av bunndyrprøver hvert 10 år.

Omkringinformasjon

Vannføringsdata fra:

Gudbrandsdalslågen ved Fåberg og Vorma fremskaffes via NVE. Data angående nedbør, lufttemperatur o.l. fra den meteorologiske stasjon på Kise innhentes fra Det Meteorologiske Institutt.

Løpende informasjon og data angående forurensningsskapende aktiviteter, forurensningsutslipp, arealdisponeringer o.l. er en viktig del av overvåkingsopplegget. SFT vil sørge for et egnet EDB-opplegg for slike registreringer og bearbeidelser.

Liste over tidligere undersøkelser

Tidligere undersøkelser

På grunn av de store interesser som knytter seg til innsjøen samt senere års forurensningssituasjon har Mjøsa vært gjenstand for til dels omfattende undersøkelser hvorav de viktigste er:

Av mer faglig karakter, ved publikasjoner:

- Brettum, P. og Lillevold, L., 1974. Planteplankton i Mjøsa - biomasse og produksjon. Forskningsnytt nr. 8, 1974.
- Braarud, T. et al., 1928. Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norweges, August-September 1927. Avh. Det norske Vidensk.-akad., Oslo I: Matem. Nat. v.sk. kl., nr. 2: 1-37.
- Holmboe, J., 1900. Undersøgelser over norske ferskvandsdiatoméer. Arch. Math. Natuv. 22: z-72.
- Holtan, H. 1978. Eutrophication of Lake Mjøsa in relation to the pollutional load, Verh. Internat. Verein Limnol., 20, 736-742.
- Holtan, H. 1979. The Lake Mjøsa Story, Arch. Hydrobiol. Beih., 13, 242-258.
- Holtan, H. 1980. The Case of Lake Mjøsa, Prog. Wat. Tech., Vol. 12, No. 2, 103-120.
- Holtan, H. 1981. Eutrophication of Lake Mjøsa and its recovery. Water quality bulletin, Volum 6, Nr. 4, 1981. 99-103.
- Huitfeldt-Kaas, H., 1906. Planktonundersøgelser i Norske Vande. Christiania 1906.
- Huitfeldt-Kaas, H., 1916. Mjøsens fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter. Nr. 2.
- Huitfeldt-Kaas, H., 1946. The plankton in Mjøsa. Nytt Mag. Naturvid. 85, 161-221.
- Lindstrøm, E.-A. et al. 1973. Observations on Planktonic Diatoms in the Lake - River System Lake Mjøsa - Lake Øyeren - River Glåma, Norway. Norwegian Journal of Botany. Vol. 20. Nos. 2-3, 183-195.
- Skulberg, O.M. 1968. Studies on eutrofication of some Norwegian inland waters. Mitt. Internat. Forein Limn. 14, 187-200.
- Skulberg, O.M. 1980. Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes. Prog. Wat. Tech., Vol. 12, No 2, 121-140.
- Tvede, A.M. 1979. The heat storage of Lake Mjøsa, Norway: interactions between ice cover, climate and the energy exchange processes. Meddelelse nr. 40. Hydrologisk avd. NVE.
- Aass, P. 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L., in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 52, 5-22.

M J Ø S P R O S J E K T E T

- Fremdriftsrapport 1 : Forberedende rapport 1969
" 2 : Undersøkelser 1971. Resultater og kommentarer
" 3a : Undersøkelser 1972. Resultater og kommentarer
" 3b : Sammendrag og konklusjoner
" 4 : Undersøkelser 1973. Resultater og kommentarer
" 5 : Undersøkelser 1974. Resultater og kommentarer
" 6 : Undersøkelser 1975. Resultater og kommentarer
" 7 : Undersøkelser 1976. Resultater og kommentarer
" 8 : Undersøkelser 1977. Resultater og kommentarer
" 9 : Undersøkelser 1978. Resultater og kommentarer

Hovedrapport 1971-76 : Mjøsprosjektet

DELRAPPORTER.

- Delrapport 1 : En undersøkelse basert på fossile diatomeer i sedimentprofil utenfor Hamar 1972, ved cand.real. Frode Berge
" 2 : En undersøkelse av fossile diatomeer i en sedimentprofil fra Mjøsa utenfor Helgøya 1972, ved cand.real. Frode Berge
" 3 : Diatomeer i en sedimentprofil fra strandsonene sør for Gjøvik 1973, ved cand.real. Frode Berge
" 4 : Diatomeer i en sedimentprofil fra Mjøsa utenfor Vingrom 1974, ved cand.real. Frode Berge
" 5 : Paleolimnologiske undersøkelser i Mjøsa 1972-1976, ved cand.real. Frode Berge
" 6 : Teoretisk beregning av forurensningstilførsler til Mjøsa og Vorma, saksbehandler Svein Arild Holmen
" 7 : Sedimentologiske undersøkelser 1972-1974
Resultater og kommentarer

ANDRE RAPPORTER

- 0 - 151/73 : Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa og Vorma. Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer 1974-1975.
Rapport A : Resultater og vurderinger
Rapport B : Sammendrag og konklusjoner
Bilag: Fysisk-kjemiske analysedata med metodebeskrivelse og kommentarer.
Utredning for Østlandskomiteén 1967. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 2. Gudbrandsdalslågen. Redigert av cand.real. Olav Skulberg.
0 - 71/70 : Ottavassdraget, Sjoa og Gudbrandsdalslågen. Orienterende fysisk-kjemiske og biologiske undersøkelser sommeren 1970. Oslo juni 1971.
0 - 71/70 : Vågåvatn. Ottavassdraget - Gudbrandsdalslågen. En limnologisk undersøkelse 1972. Oslo april 1974.
A2 - 24 : Simulering av strømminger i Mjøsa med en tredimensjonal matematisk modell. Oslo 19. oktober 1978.
0-79079 : Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa. Vurdering av forurensningssituasjonen og virkninger av eventuelle vassdragsreguleringer i JOTUNHEIMEN.

2 - 29 : Temperaturforhold i Mjøsa 1974-1978 ved Arve M. Tvede
Hydrologisk Avdeling, NVE. Statusrapport : Aksjon Mjøsa,
Miljøverndepartementet 1979.

2 - 29 : Temperaturforhold i Mjøsa 1974-1978 ved Arve M. Tvede
Hydrologisk Avdeling, NVE.

Statusrapport : Aksjon Mjøsa, Miljøverndepartementet 1979.

O-3703 : Mjøsa, Friluftsliv og Strandforhold ved Morten E. Torgersen
og Kristen F. Stray, Norsk Institutt for by- og regions-
forskning 1970.

DVF's Mjøsundersøkelse:

Rapport nr. 2 : Prøvegarnfiske i Mjøsa 1978-79, 1980.

nr. 2 : Krøkla i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. 1981.

nr. 3 : Lagesilda i Mjøsa. Alderssammenstning, vekst og ernæring. 1981.

nr. 4 : Kvikksølv i fisk og evertebrater i Mjøsa og noen sjøer i
Mjøsområdet, 1979-80, 1981.

nr. 5 : Siken i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. 1981.